



António Pinto da Fonseca de Moraes

Licenciado em Ciências de Engenharia Civil

Análise da influência do tipo de revestimento por pintura no desempenho de suportes porosos

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil – Perfil de
Construção

Orientador: Professor Doutor Luís Gonçalo Correia Baltazar,
Professor Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Professor Doutor Daniel Aelenei, Professor Auxiliar da Faculdade de Ciências e
Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Arguente: Professor Doutor Fernando Farinha da Silva Pinho, Professor Auxiliar da Faculdade
de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Vogal: Professor Doutor Luís Gonçalo Correia Baltazar, Professor Auxiliar da Faculdade de
Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

‘Copyright’ António Pinto da Fonseca de Moraes, FCT/UNL e UNL

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor

Resumo

A pintura como camada de acabamento em paramentos exteriores (e interiores) de edifícios é uma prática com muitos anos no nosso país. Inicialmente, e na sua grande maioria apenas com uma função estética, à exceção das caiações que serviam como elemento de proteção do reboco (embora com resistências mecânicas muito baixas) face aos agentes atmosféricos, as tintas eram de natureza orgânica constituídas na sua grande maioria apenas por pigmento e agente aglutinante. Com a revolução industrial os produtos de pintura ganharam relevância no mercado, tendo em conta que as técnicas de produção e formulação das tintas começaram a ser automatizadas e deixaram de ser através de fabrico artesanal. Hoje em dia o mercado das tintas é muito vasto, existindo uma enorme variedade destes produtos, que já não servem simplesmente para embelezar esteticamente as construções, mas essencialmente para as proteger contra os agentes de degradação.

A presente dissertação tem como objetivo aprofundar conhecimentos e compreender a influência dos revestimentos por pintura relativamente a absorção de água por capilaridade, secagem e permeabilidade ao vapor de água do substrato. Para isso foram analisados três tipos de substratos porosos, um de argamassa de cal hidráulica, outro de argamassa de cal aérea, e por fim um de argamassa de cimento Portland. Sobre estes suportes foram então aplicados três tipos de revestimentos por pintura, sendo estes uma tinta à base de polímeros 100% acrílicos, uma tinta de emulsão de silicatos e uma tinta à base de resinas de Hydro Pliolite.

Este estudo permitiu retirar conclusões acerca do comportamento dos diferentes suportes e dos revestimentos por pintura sobre os mesmos. Obteve-se resultados satisfatórios para as tintas de silicatos e de Hydro Pliolite, permitindo aferir que são mais adequadas para edifícios com elevado teor de água no interior das paredes, bem como para as tintas acrílicas que possuem uma reduzida absorção capilar e uma fraca capacidade de secagem, sendo estas mais indicadas para aplicação em construção nova. De uma forma geral, verifica-se que este tipo de revestimentos possuem uma grande importância ao nível da proteção dos substratos onde são aplicados.

Palavras-chave: argamassa; cal aérea; cal hidráulica natural; cimento; revestimento por pintura; tinta de silicatos; tinta acrílica; tinta de Hydro Pliolite; mecanismos de transporte de água.

Abstract

The painting as a protective coat of exterior (and interior) facades of buildings is a practice with many years in Portugal. Initially, and for most of them only with an aesthetic function with the exception of the whitewash that served as protection element of the plaster (although with a very low mechanical resistance) to the atmospheric elements, the inks were organic natured composed mostly of pigment and binding agents. With the industrial revolution, painting products gained relevance in the market, taking into account that the techniques of production and formulation of the paints began to be automated and ceased to be through artisan manufacture. Nowadays the paint market is very wide, there is a huge variety of painting products, which no longer serve merely to aesthetically embellish the constructions, but essentially to protect them from the agents of degradation.

This dissertation aims to understand and deepen the knowledge about the influence of painting systems, regarding the water absorption by capillarity, the drying process and the permeability to water vapor of the substrate. In that matter, three types of porous substrates were analyzed, one of hydraulic lime mortar, one of hydrated lime mortar and finally one of Portland cement mortar. On these substrates three types of painting systems, one acrylic paint, one silicate paint and one Hydro Pliolite based resin paint were applied.

This study allowed to draw a profile about the behavior of mortars and painting systems applied to each of them. Satisfactory results for silicate and Hydro Pliolite paints have been obtained, making it possible to ascertain that they are more suitable for buildings with a high water content inside them (old buildings), as well as for acrylic paints which have a low capillary absorption and poor drying capacity, these are more suitable for application in new buildings. In general, it is verified that this type of coatings have a great importance in the protection of the substrates where they are applied.

Key-words: mortar; hydrated lime; natural hydraulic lime; cement; painting system; silicate paint; acrylic paint, Hydro Pliolite paint; water transport mechanisms.

Índice

1 Introdução	1
1.1 Considerações gerais.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Estrutura da dissertação	2
2 Caracterização das argamassas e dos revestimentos por pintura.....	5
2.1 Argamassas para reboco	5
2.1.1 Considerações Gerais	5
2.1.2 Argamassas de cal aérea.....	8
2.1.3 Argamassas de cal-hidráulica natural	10
2.1.4 Argamassas de cimento Portland	12
2.2 Revestimentos por pintura	14
2.2.1 Enquadramento histórico	14
2.2.2 Funções dos revestimentos por pintura	16
2.2.3 Constituição de uma tinta	17
2.2.4 Tintas Acrílicas	20
2.2.5 Tintas de Silicatos	21
2.2.6 Tintas à base de Hydro Pliolite.....	23
3 Campanha Experimental	25
3.1 Considerações gerais.....	25
3.2 Materiais utilizados	26
3.3 Caracterização dos constituintes das argamassas	27
3.3.1 Análise granulométrica do agregado	27
3.3.2 Baridades dos constituintes das argamassas.....	28
3.4 Fabrico das argamassas e elaboração dos provetes	28
3.5 Aplicação dos revestimentos por pintura e impermeabilização das faces laterais dos provetes.....	30
3.6 Ensaio de caracterização da argamassa no estado fresco	32
3.6.1 Avaliação da consistência por espalhamento	32
3.6.2 Massa volúmica no estado fresco	34
3.7 Ensaio de caracterização no estado endurecido	35

3.7.1 Ensaios de caracterização mecânica dos sistemas de substrato e revestimentos por pintura.....	35
3.7.1.1 Dureza superficial.....	35
3.7.1.2 Coesão superficial.....	36
3.7.1.3 Erosão por desgaste a seco.....	36
3.7.2 Ensaios de caracterização física dos revestimentos	37
3.7.2.1 Absorção de água por capilaridade	37
3.7.2.2 Secagem através da superfície de acabamento.....	39
3.7.2.3 Absorção de água sob baixa pressão	40
3.7.2.4 Permeabilidade ao vapor de água	41
4 Apresentação e análise de resultados	45
4.1 Considerações gerais.....	45
4.2 Caracterização mecânica dos revestimentos	45
4.2.1 Dureza superficial.....	45
4.2.2 Coesão superficial	46
4.2.3 Erosão por desgaste a seco.....	47
4.3 Caracterização física dos revestimentos	48
4.3.1 Absorção de água por capilaridade	48
4.3.2 Secagem através da superfície de acabamento.....	52
4.3.3 Absorção de água sob baixa pressão	55
4.3.4 Permeabilidade ao vapor de água	57
4.3.4 Síntese de resultados e relação entre parâmetros de medição	60
5 Conclusão e desenvolvimentos futuros	65
5.1 Conclusões finais	65
5.2 Sugestão de desenvolvimentos futuros	69
Referências Bibliográficas	71
Anexo I – Resultados individuais dos ensaios realizados aos provetes no estado endurecido ..	75
Anexo II – Fichas Técnicas	87

Índice de figuras

Capítulo 2

Figura 2.1 - Aumento da resistência mecânica ao longo do tempo de uma pasta de cimento ..	13
Figura 2. 2 - Ciclo da Cal	9
Figura 2. 3 - Exemplos de pinturas rupestres em Ardèche (sul de França)	14
Figura 2. 4 - Composição de uma tinta, em volume	19
Figura 2. 5 - Processo de coalescência em tintas de base aquosa.....	21
Figura 2. 6 - Reações de solidificação das tintas de silicatos	22
Figura 2. 7 - Comparação entre as partículas de dispersões tradicionais (à esquerda) e as partículas de Hydro Pliolite	23
Figura 2. 8 - Representação esquemática do processo de secagem de uma tinta de emulsão	24
Figura 2. 9 - Representação esquemática do processo de secagem e cura de uma tinta à base de resinas de Hydro Pliolite.....	24

Capítulo 3

Figura 3. 1 - Ladrilho cerâmico utilizado	26
Figura 3. 2 - Curva granulométrica da areia amarela	27
Figura 3. 3 - Misturador mecânico normalizado.....	29
Figura 3. 4 - Fases de execução dos provetes base	30
Figura 3. 5 - Fases de aplicação dos revestimentos por pintura	31
Figura 3. 6 - Fases da impermeabilização das laterais dos provetes.....	32
Figura 3. 7 - Procedimento da avaliação da consistência por espalhamento	33
Figura 3. 8 - Ensaio de dureza superficial com durómetro Shore A	35
Figura 3. 9 - Ensaio de coesão superficial	36
Figura 3. 10 - Ensaio de abrasão por desgaste a seco	37
Figura 3. 11 - Ensaio de absorção de água por capilaridade	38
Figura 3. 12 - Ensaio de secagem.	40
Figura 3. 13 - Ensaio de absorção de água sobre baixa pressão	41
Figura 3. 14 - Método da cápsula húmida.....	42
Figura 3. 15 - Ensaio de permeabilidade ao vapor de água	43

Capítulo 4

Figura 4. 1 - Gráfico dos valores de dureza superficial	46
Figura 4. 2 - Gráfico de perda de coesão superficial dos revestimentos.....	46
Figura 4. 3 - Gráfico de perda de massa através do ensaio de erosão por desgaste dos revestimentos	47
Figura 4. 4 - Curvas de absorção capilar resultantes do ensaio.....	49

Figura 4. 5 - Gráfico comparativo dos Cc nos diferentes sistemas	50
Figura 4. 6 - Curvas de secagem resultantes do ensaio	52
Figura 4. 7 - Gráfico comparativo dos Is nos diferentes sistemas	53
Figura 4. 8 - Curvas de absorção de água resultantes do ensaio	56
Figura 4. 9 - Gráfico comparativo dos Cabs nos diferentes sistemas	57
Figura 4. 10 - Gráfico comparativo dos δ nos diferentes sistemas.....	58
Figura 4. 11 - Gráfico comparativo das Sd nos diferentes sistemas	59
Figura 4. 12 - Gráficos comparativos do Coeficiente de capilaridade vs Velocidade inicial de secagem para argamassas de cal hidráulica e de cimento	61

Índice de tabelas

Capítulo 2

Tabela 2.1 - Classificação das argamassas consoante local de produção, conceção, propriedades e/ou utilização, aplicação e tipos de ligantes utilizados	6
Tabela 2.2 - Classificação das cais hidráulicas	11

Capítulo 3

Tabela 3. 1 - Características granulométricas da areia amarela	28
Tabela 3. 2 - Baridades dos diferentes constituintes das argamassas.....	28
Tabela 3. 3 - Designação dos provetes	31
Tabela 3. 4 - Resultados do ensaio de consistência por espalhamento.....	34
Tabela 3. 5 - Resultados do ensaio de massa volúmica.....	35

Capítulo 4

Tabela 4. 1 - Resultados da velocidade inicial de secagem	54
Tabela 4. 2 - Coeficiente de capilaridade vs coeficiente de absorção de água.....	61
Tabela 4. 3 - Índice de secagem vs Velocidade inicial de secagem.....	63
Tabela 4. 4 - Índice de secagem vs Coeficiente de permeabilidade ao vapor de água	64
Tabela 4. 5 - Síntese dos resultados obtidos na campanha experimental	65
Tabela 4. 6 - Percentagem que os revestimentos por pintura melhoram ou pioram o comportamento face à água do suporte, relativamente aos provetes sem pintura	66

Anexo I

Tabela I. 1 - Dureza superficial em argamassa de cal hidráulica	75
Tabela I. 2 - Dureza superficial em argamassa de cal Aérea	76
Tabela I. 3 - Dureza superficial em argamassa de cimento.....	77
Tabela I. 4 - Coesão superficial em argamassa de cal hidráulica	78
Tabela I. 5 - Coesão superficial em argamassa de cal aérea.....	78
Tabela I. 6 - Coesão superficial em argamassa de cimento	78
Tabela I. 7 – Erosão por desgaste em argamassa de cal hidráulica	79
Tabela I. 8 - Erosão por desgaste em argamassa de cal aérea	79
Tabela I. 9 - Erosão por desgaste em argamassa de cimento	80
Tabela I. 10 - Absorção de água por capilaridade em argamassa de cimento	81
Tabela I. 11 – Absorção de água por capilaridade em argamassa de cal hidráulica	81

Tabela I. 12 – Absorção de água por capilaridade em argamassa de cal aérea	81
Tabela I. 13 - Secagem através da superfície de acabamento em argamassa de cimento	82
Tabela I. 14 - Secagem através da superfície de acabamento em argamassa de cal hidráulica	82
Tabela I. 15 - Secagem através da superfície de acabamento em argamassa de cal aérea	82
Tabela I. 16 - Absorção de água sob baixa pressão em argamassa de cal aérea.....	83
Tabela I. 17 - Absorção de água sob baixa pressão em argamassa de cal hidráulica	83
Tabela I. 18 - Absorção de água sob baixa pressão em argamassa de cimento	84
Tabela I. 19 - Permeabilidade ao vapor de água	85

Simbologia

Materiais

C – Argamassa de Cimento Portland

CH – Argamassa de Cal Hidráulica

FC – Argamassa de Cal Aérea pré fabricada pela empresa Fradical

A – Tinta Acrílica

S – Tinta de Silicatos

H – Tinta de Hydro Pliolite

SP – Sem pintura

Parâmetros de ensaio

HR – Humidade relativa [%]

ρ – Massa volúmica [kg/m^3]

Cc – Coeficiente de absorção de água por capilaridade [$\text{kg/m}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$]

Is – Índice de secagem

Vis – Velocidade inicial de secagem [$\text{kg/m}^2 \cdot \text{h}$]

C_{abs} – Coeficiente de absorção de água sob baixa pressão [$\text{ml/m}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$]

δ – Permeabilidade ao vapor de água [$\text{kg/m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$]

Sd – Espessura da camada de ar de difusão equivalente [m]

1 Introdução

1.1 Considerações gerais

As técnicas de construção foram mudando e evoluindo ao longo do tempo, e com elas mudaram também os materiais de revestimento dos edifícios para os proteger contra os agentes exteriores. No entanto, o que não mudou e continua a ser um dos principais causadores de anomalias não estruturais nos edifícios por todo o mundo, é a ação da água.

A presença de água é um constante desafio para as soluções construtivas pois irá inevitavelmente causar uma precoce degradação dos materiais, assim como o aumento dos custos associados com atividades de manutenção e reparação dos sistemas.

Como tal, um dos principais parâmetros que influenciam negativamente o desempenho dos revestimentos por pintura, é o seu comportamento face à água, pois constituem a camada mais exterior e exposta aos agentes climáticos de um edifício. Neste sentido, a presente dissertação tem por principal objetivo caracterizar o comportamento face à água de diferentes tipos de tinta aplicada em rebocos de argamassa distintos com o intuito de reproduzir fachadas de edifícios de diferentes épocas.

No nosso país a pintura dos paramentos exteriores dos edifícios é uma tradição muito antiga, inicialmente feita a partir de tintas de natureza inorgânica, essencialmente constituídas apenas por pigmento e agente aglutinante. Na sua maioria estas tintas tinham uma função estética, exceção feita às caiações, que tinham uma função protetora dos rebocos sobre os quais eram aplicadas, contra os agentes atmosféricos.

Com a Revolução Industrial, a indústria das tintas e revestimentos ganhou uma nova força. Foi nesta altura que começaram a aparecer as primeiras fábricas e o processo de fabrico artesanal (com recurso a processos de moagem dos pigmentos naturais e da sua dispersão no ligante, bastante rudimentares) foi substituído por processos automatizados, que garantiam um maior controlo de qualidade das formulações. Mais tarde com o desenvolvimento da indústria química no século XX começaram a surgir as primeiras tintas com ligantes poliméricos de origem natural e sintética [1].

Há uma tendência natural em considerar a pintura de edifícios como uma operação de decoração, porém, além de decorar e proteger o substrato, a tinta pode oferecer outras características. A higienização dos ambientes, a sinalização, o conforto térmico, o controlo de luminosidade e ainda a influência que as suas cores podem ter psicologicamente sobre as pessoas, são algumas características que as tintas podem assumir.

Atualmente o mercado apresenta uma diversidade de tintas e cores que conferem vários acabamentos distintos (texturado, liso, com brilho, mate e outros) e que têm uma infinidade de características e funcionalidades adequadas para os diferentes fins a que se destinam.

Para além da construção civil as tintas têm uma grande importância em outras áreas da indústria da Arquitetura, Construção e Operações (AECO). A importância de preservar estruturas metálicas, grandes estruturas de betão armado à vista, estruturas de pontes, equipamentos industriais ou até para proteção de pavimentos em espaços industriais, é muitas vezes garantida pelo uso de tintas indicadas para os efeitos (tintas em pó electroestáticas, tintas epóxi, tintas alquídicas ou sintéticas, etc.), cada uma delas com uma formulação diferente e indicada para as condições de serviço. Nestes casos as tintas são utilizadas para proteger não apenas substratos, mas sim grandes estruturas num todo.

1.2 Objetivos

Com esta dissertação pretende-se avaliar as características de diferentes tintas aplicadas em diferentes substratos à base de cimento, cal hidráulica e cal aérea, alargando assim o estudo não só a substratos característicos de edifícios recentes, mas também para edifícios antigos.

Foi feita uma campanha experimental onde se aplicaram os revestimentos por pintura sobre provetes constituídos por uma camada de reboco à base de diferentes ligantes como descrito acima, tendo estes sido aplicados sobre um ladrilho cerâmico para simular o suporte.

Fizeram-se alguns ensaios laboratoriais com o fim de conseguir retirar conclusões sobre a influência de diferentes revestimentos por pintura na capilaridade à água, permeabilidade ao vapor de água, dureza e coesão superficial e secagem do substrato.

Com este trabalho, pretende-se contribuir para a identificação de causas de defeitos e patologias nos edifícios, e propor soluções para minimizar/evitar o aparecimento das mesmas durante a vida útil de um edifício.

1.3 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em 5 capítulos, com os seguintes conteúdos:

No capítulo 1 é feita uma breve introdução ao tema, apresentados os objetivos deste estudo e definida a sua estrutura.

No capítulo 2, abordam-se as características de uma argamassa em geral, e seguidamente são descritas individualmente cada uma das argamassas utilizadas neste estudo quanto ao seu processo de fabrico e comportamento em serviço. Ainda neste capítulo é apresentada uma breve caracterização histórica sobre as tintas a nível mundial, e são descritas as funções de uma tinta no

geral, identificando os seus constituintes. Tal como para as argamassas, também é feita uma descrição individual de cada tinta estudada.

O capítulo 3 retrata a campanha experimental que se desenvolveu no laboratório do DEC, na FCT-NOVA. Primeiramente é sintetizado o plano de ensaios que foi elaborado e em seguida são apresentados os materiais utilizados no processo de fabrico dos provetes, o processo de fabrico em si, e ainda é descrita a impermeabilização parcial dos provetes. São descritos os procedimentos laboratoriais de caracterização das argamassas no estado fresco e no estado endurecido, assim como os modos de cálculo dos parâmetros característicos de cada ensaio.

O capítulo 4 consiste na apresentação e discussão dos resultados obtidos na campanha experimental. Comparam-se e relacionam-se os diferentes dados e parâmetros de ensaios obtidos para os diferentes substratos e para as diferentes tintas por forma a dar resposta aos objetivos da dissertação.

No capítulo 5 são apresentadas as conclusões finais do trabalho desenvolvido e dadas algumas ideias para trabalhos futuros na área.

Em anexo e complementarmente ao estudado no capítulo 4, apresentam-se todos os resultados individuais detalhados dos ensaios laboratoriais, assim como as fichas técnicas dos revestimentos por pintura utilizados.

2 Caracterização das argamassas e dos revestimentos por pintura

2.1 Argamassas para reboco

2.1.1 Considerações Gerais

Argamassa pode definir-se, segundo o dicionário europeu de argamassas, elaborado pelo European Mortar Industry Organization (EMO), como a mistura de um ou mais ligantes (orgânicos ou inorgânicos), agregados, fillers, aditivos e/ou adjuvantes [2].

Quanto ao fim a que se destinam, as argamassas têm diversos campos de aplicação. Podem estas ser classificadas, como se observa pela tabela 2.1, como argamassas de revestimento, de assentamento, colagem de produtos cerâmicos (cimentos-cola), argamassas de juntas e de regularização (betonilhas) [3].

As argamassas de revestimento, as quais são alvo de estudo neste trabalho, apresentam funções genéricas, como a proteção do suporte, regularização de alvenarias de modo a receber outras camadas/tipo de revestimentos finais, promover a impermeabilização e atribuir ou melhorar o aspeto estético. Por forma a cumprir as funções apresentadas, as argamassas de reboco devem cumprir determinadas exigências funcionais, as quais variam tendo em conta se o edifício é recente ou antigo. Essa variabilidade deve-se à diferença de materiais e técnicas de construção usados em cada um deles. Algumas das exigências mais significativas para alcançar um revestimento de qualidade que cumpra as funções que lhe são exigidas são apresentadas de seguida [4]:

- Aderência ao suporte;
- Resistência à fendilhação;
- Capacidade de “impermeabilização” em zona não fendilhada;
- Capacidade de promover a passagem do vapor de água formado no interior e de água infiltrada, por evaporação;
- Aspeto estético;
- Durabilidade face a às ações externas

As argamassas podem ser classificadas ainda segundo a sua conceção (desempenho ou formulação), o seu processo produtivo, segundo as suas propriedades e/ou uso e relativamente ao tipo de ligante usado. Quanto à sua tecnologia de produção (processo produtivo) elas podem ser diferenciadas como sendo tradicionais (feitas *in situ*) ou não tradicionais (que podem ser industriais ou semi-acabadas). As segundas têm algumas vantagens em relação às primeiras, nomeadamente no que diz respeito à organização do estaleiro, às operações de dosagem dos seus constituintes, rapidez de execução com qualidade, etc.

As argamassas tradicionais têm um custo reduzido e uma fácil manutenção, mas necessitam de uma mão-de-obra especializada para a conveniente composição das mesmas bem como um

estaleiro que tenha capacidade para receber todos os materiais para o seu fabrico, o que nos dias de hoje é um luxo que nem sempre é possível ter.

Já as argamassas industriais têm um custo inicial mais elevado e exigem um planeamento de obra mais rigoroso, mas conseguem garantir a qualidade dos materiais usados no seu fabrico e a sua correta dosagem bem como uma melhor organização de estaleiro.

Tendo em conta as definições segundo o EMO e alguns trabalhos realizados anteriormente, a tabela 2.1 sintetiza a classificação das argamassas [2,5].

Tabela 2. 1 - Classificação das argamassas consoante local de produção, conceção, propriedades e/ou utilização, aplicação e tipos de ligantes utilizados [5]

Local de produção	Argamassas tradicionais; argamassas industriais; argamassas industriais semiacabadas (pré-misturadas e pré-doseadas) [2]
Conceção	Argamassas de formulação; argamassas de desempenho ou prestação [2]
Propriedades e/ou utilização	Argamassas de uso geral; argamassas leves; argamassas coloridas; monocamadas; argamassas de isolamento térmico; argamassas de renovação [2]
Aplicação	Argamassas de revestimento; argamassas de assentamento; cimento-cola; argamassas de juntas; argamassas de regularização (betonilhas) [2, 40]
Tipos de ligantes utilizados	Argamassas de um só ligante (argamassas de cal aérea; de cal hidráulica natural, de cal hidráulica artificial, de cimento); argamassas bastardas [5]

No estudo desenvolvido aplicaram-se duas argamassas tradicionais (argamassa de cimento Portland e de cal hidráulica natural) e uma argamassa industrial (estas podem ser apresentadas em pó, necessitando apenas de adição de água para a sua amassadura ou em pasta, prontas a aplicar) de cal aérea (Fradical). Estas argamassas caracterizam-se por argamassas de revestimento pois são utilizadas para revestir paredes e tetos. Podem ser o revestimento final tendo acabamentos com diferentes cores e texturas, podem também ser hidrófugas ou não, pintadas ou mesmo revestidas por uma enorme variedade de acabamentos disponíveis no mercado [5].

Atualmente em Portugal ainda são mais utilizadas as argamassas tradicionais, mas com vista a serem ultrapassadas pelas Industriais devido à crescente aposta em obras de manutenção e reabilitação, à semelhança do que aconteceu noutros países da Europa.

O revestimento de um edifício à base de ligantes minerais é geralmente executado em 3 ou 4 camadas, sendo a primeira opcional dependendo do estado do suporte:

- encasque – camada de enchimento que serve para regularizar o suporte, de modo a este não receber camadas muito espessas de emboço ou reboco;
- salpisco, chapisco ou crespido – camada que serve para promover a aderência do revestimento ao suporte. Deve ter uma espessura não uniforme (entre 3 a 5 mm), possuir elevadas características de aderência e ser rugosa;
- camada de base ou emboço – camada de regularização da superfície que deve garantir a verticalidade dos paramentos e contribuir para a impermeabilização das paredes. Deve ter uma boa aderência ao salpisco, ser rugosa e não deve ter uma espessura superior a 20mm;
- camada de acabamento – camada que deve ter elevada permeabilidade ao vapor de água, assim como as anteriores, possuir uma boa resistência aos choques e deve ter uma espessura de cerca de 5mm.

Cada camada tem uma função específica e para isso há uma alteração na composição consoante a função da camada na totalidade do revestimento. Como exemplo, uma argamassa para apresentar boa resistência à fendilhação e uma elevada permeabilidade ao vapor de água é necessário reduzir o teor de ligante, escolher adequadamente a granulometria dos agregados e quantidade de água a aplicar. O número de camadas é condicionado pelo tipo de suporte sobre o qual o revestimento vai ser aplicado, pelas condições atmosféricas a que vai ser exposto e pelo tipo de acabamento pretendido [6].

Nos edifícios recentes, tal como nos edifícios antigos, é recomendada a execução de pelo menos três camadas: salpisco, camada de base e camada de acabamento. Atualmente, em consequência do elevado custo de mão-de-obra, dos prazos de execução curtos e do avanço da tecnologia e dos materiais, usam-se cada vez mais argamassas industriais aplicadas numa única camada (reboco monocamada) ou em uma ou duas camadas seguidas de pintura. A constituição de uma argamassa para reboco monocamada é semelhante à argamassa para revestimentos correntes, só que contem diversas adições e adjuvantes, pelo que a sua formulação é mais elaborada. Esta constituição possibilita, ao reboco monocamada, alcançar o nível de desempenho que os revestimentos recentes alcançam em 3 ou mais camadas [4].

No que se refere à proteção dos edifícios, os revestimentos assumem um papel de grande importância contribuindo assim para que estes apresentem as características que satisfaçam as necessidades dos seus utilizadores. Assim, o estabelecimento de exigências funcionais é fundamental, para que se imponham requisitos aos materiais de forma a que estes assegurem um adequado desempenho dos elementos de serviço. De acordo com o novo Regulamento dos Produtos de Construção (RPC) da UE (Regulamento Nº 305/2011 do Parlamento Europeu e do conselho de 9 de Março de 2011), são estabelecidos os seguintes requisitos básicos das obras de construção, designadas pela sigla ER (*essencial requirements*) [7]:

- ER1 – Resistência mecânica e estabilidade;
- ER2 – Segurança contra incêndio;
- ER3 – Higiene, saúde e ambiente;
- ER4 – Segurança e acessibilidade na utilização;
- ER5 – Proteção contra o ruído;
- ER6 – Economia de energia e isolamento térmico;
- ER7 – Utilização sustentável dos recursos naturais.

2.1.2 Argamassas de cal aérea

O principal ligante utilizado na concepção de argamassas de construção, antes do aparecimento da cal hidráulica e do cimento Portland, era a cal aérea. Esta fazia parte da constituição de argamassas que se destinavam à execução de paredes de alvenaria, rebocos interiores e exteriores, revestimentos de tetos ou como argamassa de assentamento de revestimentos [8].

Atualmente, a sua principal aplicação em construção diz respeito à sua incorporação em argamassas para estuque, sendo também utilizada (como o caso da argamassa de cal aérea utilizada neste estudo) em argamassas de reboco para melhor compatibilidade com os materiais originais de construções antigas, em grande maioria vendida em produtos pré-doseados. Estas argamassas apresentam uma elevada absorção capilar, mas a sua elevada permeabilidade ao vapor de água facilita a evaporação de água que se encontre no interior da parede, e por essa mesma razão estas argamassas têm uma elevada importância no que diz respeito a intervenções feitas em edifícios antigos [9].

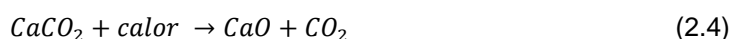
A cal aérea propicia maior plasticidade às argamassas, daí ser muitas vezes misturada com cimento ou com cal hidráulica na formulação de argamassas para rebocos. Consequentemente a esta plasticidade acrescida, permite uma melhor trabalhabilidade das argamassas o que aumenta a produtividade na execução dos revestimentos. De referir também como vantagem o alto poder de retenção de água, importante no desempenho da argamassa, que segundo [10] evita a segregação. Também a sua capacidade de absorver deformações devido ao seu módulo de deformação, tem uma elevada importância pois permite que o revestimento acompanhe as deformações da estrutura de suporte. Por fim, a baixa retração destas argamassas gera uma baixa variação dimensional, além de carbonatar lentamente ao longo do tempo, selando eventuais fissuras ocorridas no seu endurecimento [11].

Segundo a norma NP EN 459-1:2011, a cal aérea é fundamentalmente constituída por óxidos de cálcio ou hidróxidos de cálcio que, ao ser amassados com água, reagem com o dióxido de carbono atmosférico e endurecem lentamente ao ar. Como não apresentam quaisquer propriedades hidráulicas, não fazem presa quando imersos em água ao contrário do cimento Portland e da cal hidráulica [12].

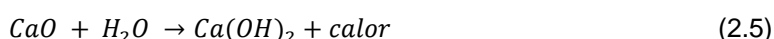
Relativamente ao teor de impurezas, este tipo de cal divide-se em cal aérea gorda, quando provém de calcários muito puros, com uma percentagem de carbonato de cálcio não inferior a 99% e em cal aérea magra, quando é obtida a partir de calcários menos puros, com um teor de argila ou outras impurezas entre 1 a 5%.

As cais aéreas gordas têm esta denominação devido à suas propriedades plásticas, são bastante macias e possuem uma elevada trabalhabilidade. As segundas, as cais magras, já não são tão facilmente trabalháveis nem tão macias, mas o seu endurecimento e criação de presa são iguais às primeiras [13].

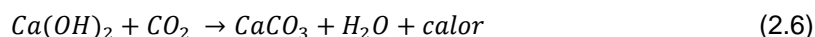
A cal aérea provém da decomposição de rochas cálcicas ($CaCO_3$) a uma temperatura de aproximadamente 900°C e desta cozedura resulta a cal viva, constituída principalmente por óxido de cálcio (CaO) (equação 2.4)



Devido à grande quantidade de calor que liberta quando manipulada, a cal viva é extremamente perigosa de manusear pois pode queimar e como tal não é diretamente utilizada na construção. É então necessário proceder à sua hidratação podendo esta ser feita por imersão, aspersão ou fusão, reação que tem o nome de extinção da cal viva (equação 2.5). Com a presença da água, o óxido de cálcio reage, originando o hidróxido de cálcio (cal apagada).



A cal apagada resultante, quando composta numa argamassa (com adição de areia e água), endurece lentamente em contacto com o ar pela reação do hidróxido de cálcio com o dióxido de carbono da atmosfera, ocorrendo então a carbonatação. Da reação resulta o carbonato de cálcio e a libertação de água e calor (equação 2.6).



A todo este processo cíclico da cal aérea chama-se Ciclo da Cal (*Figura 2.2*).

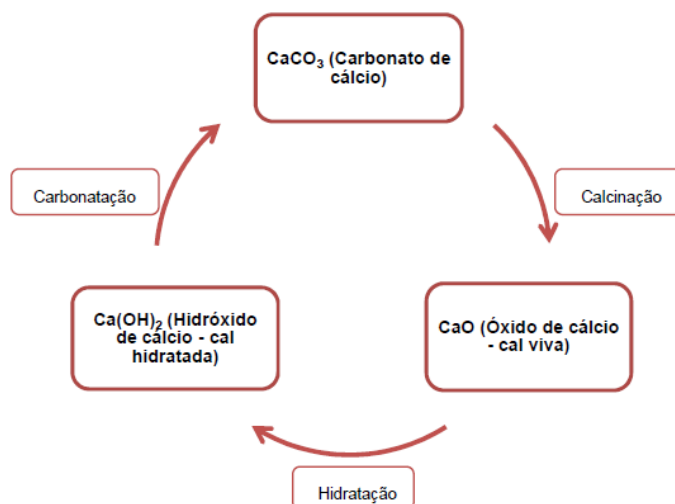


Figura 2. 1 - Ciclo da Cal [19]

2.1.3 Argamassas de cal-hidráulica natural

Existem registos e provas arqueológicas que provam que em civilizações antigas foram usadas cais com pozolanas na preparação de argamassas com características hidráulicas, que permitiam a estas estar em contacto com água. Estas foram muito importantes para a contribuição do desenvolvimento de argamassas de cal com propriedades hidráulicas [14].

Segundo a NP EN 459-1:2011 [12], as cais hidráulicas são constituídas essencialmente por hidróxido, silicatos e aluminatos de cálcio e são produzidas pela cozedura de rocha calcária argilosa e/ou pela mistura de materiais apropriados. Apresentam a propriedade de fazer presa e endurecer debaixo de água, e o dióxido de carbono da atmosfera contribui para o processo de endurecimento.

Normalmente estas argamassas apresentam características intermédias entre as argamassas de cimento e as argamassas de cal aérea. A sua retenção de água toma valores elevados, mesmo quando o suporte é bastante absorvente. Com isto, a perda de água durante a fase de presa é muito lenta, possibilitando a hidratação do ligante. Este elevado valor de retenção de água, associado às suas características plásticas, evita a segregação da argamassa, evitando superfícies com macro fendas e garantindo a capacidade de suportarem pequenos movimentos do suporte [4].

As argamassas de cal hidráulica apresentam uma massa volúmica mais baixa e uma menor resistência à compressão do que as argamassas de cimento. No entanto, pelo facto de não lhe serem exigidas resistências mecânicas tão elevadas como no cimento, advêm vantagens de aplicação como argamassa de revestimento. Têm uma maior trabalhabilidade, proporcionam um bom acabamento, apresentam uma boa aderência ao suporte e menores variações de volume que as argamassas unicamente à base de cimento.

Pelo facto da sua porosidade aberta ser bastante elevada e a sua porometria ser reduzida, a sua velocidade inicial de absorção de água é bastante elevada, o que conduz a um coeficiente de absorção de água por capilaridade alto. Estas argamassas, tendencialmente apontam para módulos de elasticidade dinâmicos baixos, inferiores aos da argamassa de cimento. Isto sugere que as argamassas de cal hidráulica apresentam uma boa deformabilidade, o que indica uma boa capacidade de absorver tensões internas provocadas pela retração e pela interação com o suporte [15].

Quanto ao processo de fabrico as cais hidráulicas designam-se por:

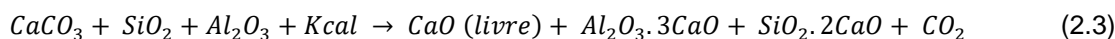
- cal hidráulica natural (NHL) que é obtida a partir da cozedura de calcários que apresentam uma determinada quantidade de impurezas argilosas e que se apresentam reduzidas a pó por extinção, com ou sem moagem;
- cal hidráulica (HL) que é obtida através da cal hidráulica natural a que se adiciona material pozolânico ou hidráulico, até 20% em massa.

No processo de cozedura das cais hidráulicas naturais, até aos 105-110°C ocorre a evaporação da água de embebição da pedra, até aos 500°C a 700°C dá-se a desidratação das

margas, havendo a decomposição da argila; a sílica (SiO_2) e a alumina (Al_2O_3) combinam-se com o óxido de cálcio (CaO), entre os 850°C a 1100°C , dando origem aos silicatos bicálcicos ($\text{SiO}_2 \cdot 2\text{CaO}$) (equação 2.1) e aos aluminatos tricálcicos ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaO}$) (equação 2.2), até aos 1500°C que corresponde à temperatura máxima de cozedura das cais hidráulicas naturais, uma vez que a sinterização ocorre a temperaturas superiores



A partir dos 850°C , através da calcinação do carbonato de cálcio (CaCO_3), obtém-se o dióxido de carbono (CO_2) e o óxido de cálcio (CaO). A cozedura de substâncias calcárias e argilosas, em proporções definidas, origina uma estrutura compacta, normalmente designada por pedra cozida (equação 2.3).



A cal retirada do forno deve ser extinta para eliminar a cal viva e para provocar a pulverização de toda a cal hidráulica. O processo de extinção é feito com adição de água, a qual deve ser apenas a necessária para hidratar a cal viva.

A cal hidráulica classifica-se pela sua resistência à compressão aos 28 dias, ensaiada numa argamassa normalizada, existindo 3 classes de resistência (2,3.5 e 5 MPa), como se pode observar na tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Classificação das cais hidráulicas

NOMENCLATURA DO TIPO DE CAL HIDRÁULICA	CAL LIVRE (%)	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (MPa)	
		7 DIAS	28 DIAS
HL 2	≥ 8	x	2 a 7
NHL 2	≥ 15		
HL 3.5	≥ 6	x	3.5 a 10
NHL 3.5	≥ 9		
HL 5	≥ 3	≥ 2	5 a 15
NHL 5	≥ 3		

Devido às suas características físicas, as cais hidráulicas possuem uma vasta gama de aplicações, nomeadamente nas argamassas tradicionais para rebocos como ligante hidráulico, argamassas de assentamento de alvenarias, enchimentos e acabamentos. É também matéria-prima na fabricação de argamassas secas pré-doseadas industriais.

2.1.4 Argamassas de cimento Portland

O ligante mais utilizado na indústria da construção em todo o mundo industrializado é o cimento Portland que, devido à sua elevada utilização, passou de uma forma geral, a ser designado simplesmente por cimento.

A NP EN 197-1:2012 [16] diz que “o cimento é um ligante hidráulico, isto é, um material inorgânico finamente moído que, quando misturado com água, forma uma pasta que faz presa e endurece devido a reações e processos de hidratação e que, depois do endurecimento, conserva a sua resistência mecânica e estabilidade debaixo de água”.

A designação hidráulica está então relacionada com a propriedade de endurecer quando a água é adicionada ao ligante seco e à capacidade deste endurecer debaixo de água [17]. Sendo então o cimento Portland um ligante hidráulico, este endurece ao ar e também dentro de água, tendo a capacidade de manter a sua resistência mecânica ao longo do tempo em ambos os ambientes, característica que o tornou num ligante de elevada utilização, substituindo ao longo do tempo o papel das cals.

A relação água/cimento é um parâmetro de grande importância e que determina de um modo geral diversas propriedades da argamassa. Essa relação não determina apenas a plasticidade ou fluidez da pasta de cimento no estado fresco, e portanto, as características de consistência e trabalhabilidade da argamassa, como afeta também propriedades da argamassa no estado endurecido. A resistência mecânica e a deformação das argamassas dependem também de forma direta dessa relação [18].

Nestas argamassas, pelo facto de geralmente decrescer a dosagem de água e, até certo valor, aumentar a dosagem de ligante em relação às argamassas de cal, a sua permeabilidade ao vapor de água é menor. A permeabilidade ao vapor de água é tanto maior quanto menor for a relação água/cimento na pasta. Em termos gerais, a porosidade aberta das argamassas de cimento anda entre 9% e 11%, relativamente baixa comparando com os 27/28% nas argamassas de cal aérea (as mais permeáveis) e os 20/21% em argamassas de cal hidráulica. Por essa mesma razão, as argamassas de cimento têm uma maior resistência mecânica quando comparadas com as argamassas à base de cal. Pode-se dizer também que, estas argamassas são inadequadas para aplicar em edifícios antigos. Devido ao seu elevado módulo de elasticidade (que introduz tensões excessivas e indesejadas no suporte), à sua baixa permeabilidade ao vapor de água (quando comparado com argamassas de cal), à sua elevada rigidez ou o seu mau comportamento na presença de sais, torna este tipo de argamassas bastante incompatíveis com os materiais usados em construções antigas [14].

O cimento é produzido a partir de duas matérias-primas principais, o calcário e a argila. O calcário é formado por carbonato de cálcio, $CaCO_3$, e a argila é fundamentalmente constituída por silicatos hidratados de alumínio e de ferro, resultantes da decomposição dos feldspatos. A relação, em massa, entre a quantidade de calcário e de argila é de aproximadamente 4 para 1. Para além destes

dois constituintes principais, são ainda utilizados em pequenas porções, óxido de ferro, areia siliciosa e bauxite.

No forno, o carbonato de cálcio (CaCO_3) decompõe-se dando origem a óxido de cálcio (CaO) e dióxido de carbono (CO_2), cujas proporções em termos de massa são de aproximadamente 56% e 44%, respetivamente. Por sua vez, a argila decompõe-se numa mistura de sílica (SiO_2), alumina (Al_2O_3) e óxido de ferro (Fe_2O_3).

Como já referido a mistura de água com o cimento Portland, formando uma pasta de cimento, desencadeia um conjunto de reações químicas de hidratação que se desenvolvem ao longo do tempo e que conduzem ao ganho de rigidez e de resistência mecânica.

Uma pasta de cimento Portland começa a ganhar rigidez, em geral, duas a quatro horas após a sua mistura com água. Quando a pasta começa a apresentar um ganho inicial de resistência, em que ocorre perda de fluidez e de plasticidade, define-se o tempo de início de presa. Quando a pasta passa a ter um comportamento praticamente de um sólido, considera-se que se atingiu o tempo de fim de presa. No final da fase de presa o ligante não apresenta plasticidade, não podendo ser moldado.

A passagem do estado plástico ao sólido é lenta e contínua, sendo difícil de estabelecer o momento em que se considera que ocorreu a presa. Para este efeito, utilizam-se ensaios experimentais que, de acordo com procedimentos normalizados, permitem avaliar os tempos de início e de fim de presa.

Após a fase de presa, o processo de endurecimento prolonga-se no tempo traduzindo-se no aumento da rigidez e da resistência mecânica da pasta de cimento em resultado do desenvolvimento das reações químicas, que se processam de forma contínua ao longo do tempo, até que ocorra a paragem das reações. A velocidade de endurecimento decresce com o tempo tendendo para zero.

O endurecimento de uma pasta de cimento é relativamente rápido nas primeiras horas (um a dois dias), baixando progressivamente com o tempo a velocidade de aumento da rigidez e da resistência, *Figura 2.1*. O endurecimento prolonga-se no tempo, até pelo menos um ano de idade, havendo registos científicos de observação de ligeiros ganhos de resistência até aos 20 anos de idade.

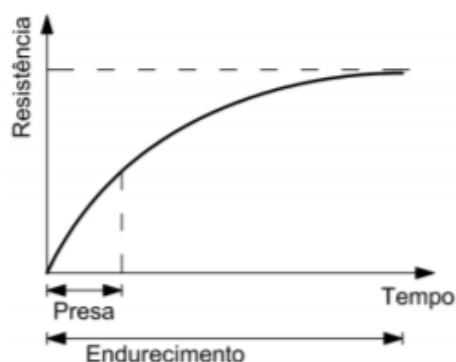


Figura 2.2 - Aumento da resistência mecânica ao longo do tempo de uma pasta de cimento [18]

Atualmente, a NP EN 197-1:2012 – Cimento – Parte 1: Composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos correntes [16] – estabelece as exigências e regula as características a que os cimentos correntes devem obedecer para serem considerados aptos à sua utilização em obras de engenharia civil. Esta norma é complementada com a NP EN 196 – Métodos de ensaio de cimentos – que estabelece os procedimentos experimentais para avaliação de várias características dos cimentos, e com as normas relativas às adições [19].

2.2 Revestimentos por pintura

2.2.1 Enquadramento histórico

O aparecimento das primeiras tintas/pinturas remonta à Idade da Pedra, tendo estas um papel fundamental na história cultural da humanidade. O fascínio pelas cores e a incessante necessidade de expressar os seus pensamentos fez com que o homem descobrisse a tinta. As primeiras pinturas nas cavernas eram feitas com tintas à base de gordura animal e terras naturalmente pigmentadas tais como os ocre (ainda hoje usados) [20].

Desde essa altura, embora com um grau de sofisticação bastante inferior, os constituintes base de uma tinta eram o ligante (gordura animal) e um pigmento corado. Estas pinturas eram sempre aplicadas nos interiores a fim de estarem protegidas das intempéries, às quais não eram resistentes [20], e como tal ainda hoje se encontram algumas preservadas como se pode ver na *figura 2.3*.

Cerca de 4000 anos a.C., começaram-se a usar as primeiras tintas na construção na Europa, que eram obtidas através da queima de pedra calcária que quando misturada com água dava origem a uma cal. Estas eram aplicadas sobre as casas de barro (de adobe) existentes a fim de as decorarem e protegerem.

Também por esta altura, estava a ser desenvolvida a arte da fabricação das lacas pelos povos do sudoeste asiático, obtidas através da seiva das árvores, e usadas entre outras utilidades, como camada protetora de objetos. Os chineses produziam a chamada laca preta, que provinha da resina da árvore *Rhus Vernicifera* e que era utilizada como camada de ornamentação em símbolos da aristocracia da China e do Japão [20].

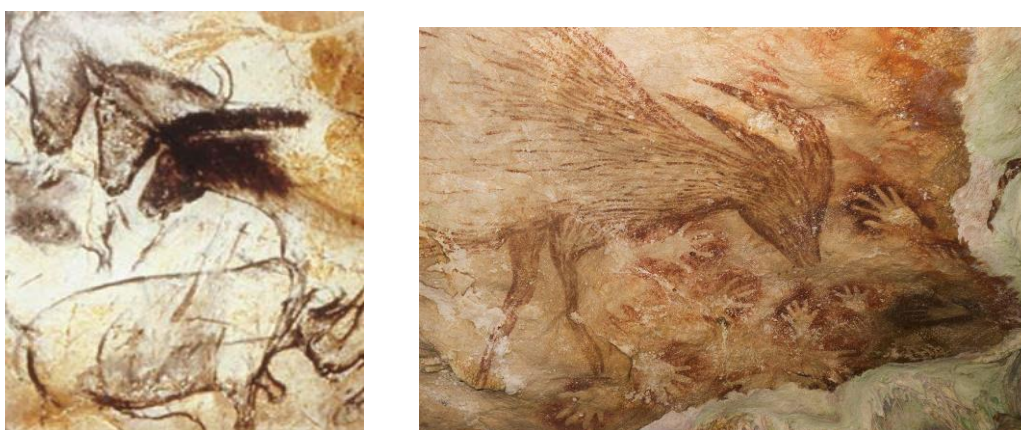


Figura 2. 3 - Exemplos de pinturas rupestres em Ardèche (sul de França) [20]

Já os indianos eram responsáveis pela extração da goma-laca (shellac), a partir da secreção de um insecto (*Kerria lacca*) que se encontrava nas suas florestas, e que era usada para preparar vernizes para proteger e embelezar objetos e superfícies de madeira. Só mais tarde esta arte chegou à Europa introduzida pelos mercadores da idade média [20].

O uso de esmaltes e vernizes obtidos através de cera de abelha, gelatina e argila, tinha lugar no Egito cerca de 3000 anos a.C., altura em que nasceu o primeiro pigmento produzido por via sintética que era o azul Egípcio (um silicato de cobre). A goma arábica (resina natural) foi descoberta por volta de 1000 anos a.C. e era a partir dela que eram preparados vernizes utilizados como estabilizantes [21].

Com o avanço dos anos foram sendo descobertos e introduzidos novos pigmentos com variadas cores, obtidos pelo desenvolvimento das civilizações egípcia, grega e romana. O primeiro pigmento branco (carbonato de chumbo) foi desenvolvido por via sintética cerca de 400 anos a.C. [21].

O famoso azul Maya, obtido à base de substâncias naturais orgânicas e inorgânicas como o índigo (responsável pelo pigmento azul) e argila, era usado há cerca de 2000 anos pela civilização Maya. A sua resistência face à água e à exposição solar é admirável, considerando que ainda hoje há pinturas muito bem conservadas pintadas com este pigmento. Recentemente foi realçada a sua resistência à biodegradação e à ação de químicos agressivos [22].

Com o chegar no século XII, começam a ser utilizados os primeiros óleos vegetais sicativos para a confeção de tintas. Aparecem os vernizes preparados com resinas vegetais como a colofónia e as resinas fossilizadas (como o âmbar), aos quais se juntavam produtos voláteis com o objetivo de facilitar a sua aplicação [23].

As primeiras fábricas de formulação e produção de tintas surgem com a Revolução Industrial, altura em que o mercado das tintas e revestimentos ganha uma enorme importância em todo mundo. A invenção do automóvel funcionou como alavanca para o desenvolvimento dos revestimentos, e as trinchas começaram a ser substituídas por pistolas o que encurtava os tempos de secagem e consequentemente a aceleração no processo de pintura [20].

Não só para fins artísticos, mas principalmente pela necessidade de proteção dos materiais, há no século XX um grande crescimento na indústria das tintas e vernizes. Também com o rápido avanço na área da química (nomeadamente nos pigmentos) e da tecnologia dos polímeros, começou a ser possível a elaboração de substâncias que dessem origem a películas aderentes aos suportes [24].

Com a crescente preocupação ambiental e a nível de segurança dos utilizadores e aplicadores, têm sido publicados regulamentos relacionados com essas matérias, o que levou os fabricantes de tintas a terem de reformular grande parte dos seus produtos para cumprir estes regulamentos.

A investigação e desenvolvimento de produtos com menor impacto a nível ambiental e de saúde sofreu um grande investimento por parte da indústria das tintas, que teve que alterar a composição dos sistemas de revestimento. Foram reduzidos os limites de teor de solventes nas tintas

e aumentadas as composições de base aquosa, tentando eliminar o uso de solventes tanto quanto possível [23].

As tintas e vernizes, atualmente, são utilizadas para variados objetivos. A decoração continua a ter uma elevada importância, aliada à proteção dos substratos contra os agentes climáticos, melhoramento das condições de salubridade e higiene dos paramentos ou mesmo na introdução de outras características técnicas específicas.

2.2.2 Funções dos revestimentos por pintura

Durante muitos anos, a pintura de edifícios era aplicada puramente pelo seu efeito estético. Atualmente, os revestimentos por pintura têm grande importância na proteção dos edifícios contra os diversos fatores que provocam e aceleram a sua degradação.

Como já anteriormente mencionado, estes sistemas de revestimento têm a finalidade de decorar, mas também de proteger o substrato onde são aplicados, tendo como principais funções:

- **Função protetora** – constitui a barreira que separa o suporte do ambiente exterior, então deve ter um bom comportamento face à água e a potenciais solventes que possam deteriorar o suporte;
- **Função de impermeabilização** – em muitos casos as tintas são aplicadas sobre superfícies com uma porosidade aberta bastante elevada, ajudando estas a preencher esses poros para que melhore a resistência do sistema à ação da água;
- **Função decorativa** – é a mais conhecida genericamente falando, e pode ser conseguida através de variadas cores, brilhos e texturas;
- **Função higiénica e de salubridade** – focada na proteção das superfícies quanto à ação de microrganismos e bactérias, como é o caso da aplicação em madeiras, facilitando também a sua limpeza e higienização devido à diminuição da rugosidade da superfície.

Em geral, o que se pretende é que um revestimento seja multifuncional, protegendo o substrato ao mesmo tempo que melhora o seu aspeto visual [25].

Independentemente para que finalidade seja, a qualidade de um revestimento depende de vários fatores como, a adequada seleção da tinta, a especialidade da mão-de-obra utilizada para preparar e aplicar o revestimento de acordo com as especificações do fabricante, a correta preparação do substrato para receber as várias camadas do sistema e as condições atmosféricas aquando da aplicação. Apenas cumprindo todos estes parâmetros se garante a qualidade do sistema, bastando que haja uma deficiência num deles para que sua a qualidade esteja comprometida [25].

Na grande maioria dos casos, os revestimentos por pintura são constituídos por primários e por tintas, sendo ambos semelhantes, variando apenas no que se refere aos pigmentos. Os primeiros

são aplicados antes das tintas com o objetivo de garantir uma boa aderência das mesmas e a uniformização da sua absorção [26].

Podemos distinguir os produtos de pintura tendo em conta a existência de pigmentos ou não. No primeiro caso designa-se por tinta que, segundo a norma ISO 4618:2014 [27] é “um produto de pintura pigmentado que, quando aplicado sobre um substrato, forma uma película opaca que tem propriedades protetoras, decorativas ou técnicas específicas”, caso não sejam pigmentados chamam-se vernizes, que quando aplicados sobre um substrato formam uma película transparente protetora e decorativa [1, 27].

O esquema de pintura de um revestimento consiste numa “combinação de camadas de material de pintura que são aplicadas num substrato” [27]. Quanto ao número de camadas aplicadas, um sistema pode ser distinguido entre monocamada ou multicamada, designando-se o produto aplicado como camada final de acabamento ou tinta de acabamento, respetivamente.

2.2.3 Constituição de uma tinta

Essencialmente, as tintas são constituídas por veículo fixo (ligante / resina), veículo volátil (solvente / diluente), pigmentos, cargas e aditivos.

O principal constituinte da tinta é o **ligante** ou **resina**. Este é o responsável pela formação da película íntegra, aglutinando as partículas dos pigmentos, das cargas e/ou de aditivos sólidos, e conferindo-lhe propriedades como a dureza, resistência, flexibilidade e adesão. Não existe nenhuma resina que consiga reunir todas estas propriedades da película tão amplamente descritas, pelo que é normal o uso de várias resinas na constituição de uma tinta, podendo estas ser de origem natural (orgânica) obtidas pela secreção de insetos e plantas, ou derivadas de restos vegetais fossilizados, ou sintética (inorgânica) produzidas por um processo de polimerização que consiste na ligação de duas ou mais moléculas de duas ou mais substâncias formando uma estrutura múltipla [28]. As resinas sintéticas possuem maior resistência química e à radiação ultra-violeta (UV) quando comparadas com as naturais, sendo por isso mais utilizadas em revestimentos de proteção contra a corrosão [25].

- **Resinas naturais** – estas resinas quando dissolvidas em solventes voláteis, formam aquilo a que se chama de vernizes espirituosos que, após serem aplicados sobre uma superfície e depois da evaporação do solvente, deixam uma película de resina sobre a mesma. Como exemplos destas resinas temos a Colofónia (obtida por destilação da seiva do pinheiro), a Goma-lacca (obtida pela secreção de um inseto) ou as resinas copais (derivadas de restos vegetais fossilizados). Estas resinas foram muito usadas no passado, no entanto nos dias de hoje são mais utilizadas em restauro de moveis ou em obras de arte [29].
- **Resina sintéticas** – devido ao grande aumento destas resinas nos produtos de pintura modernos, atualmente são utilizadas resinas sintéticas muito diversas, em que

podemos realçar as acrílicas, as alquídicas e as vinílicas entre muitas outras. As primeiras são especialmente usadas em tintas de emulsão aquosa e a sua dureza e flexibilidade varia em função dos tipos e quantidade de monómeros (acrílicos, metacrílicos ou outros) usados. No segundo caso, o seu processo de secagem ocorre por evaporação do solvente à temperatura ambiente, por reticulação auto-oxidativa do óleo constituinte. Estes são os mais utilizados devido ao seu baixo custo, facilidade de mistura e aplicação, bom comportamento em ambientes exteriores e aderência a superfícies com deficiências de preparação. Por último, as resinas vinílicas são geralmente formuladas como primários universais, ou na emulsão de tintas de base aquosa. Também têm elevada facilidade de aplicação e por isso bastante usadas em construção civil, sendo sensíveis à humidade aquando da aplicação [1].

O **solvente** é, de acordo com a norma ISO 4618:2014 [27], um “líquido simples ou mistura de líquidos, volátil sob determinadas condições de secagem, e no qual o ligante é solúvel”. Este é utilizado para oferecer a viscosidade adequada do ligante por forma a tornar mais fácil a aplicação da tinta, evaporando na sua fase de secagem. As tintas podem ser de **base solvente**, que geralmente se refere a revestimentos modificados à base de óleo ou à base de alquídicos. Atualmente poucas tintas são formuladas a partir de óleos puros, consequentemente, são à base de óleos modificados chamados de alquídicos, estes que secam melhor que os óleos puros e oferecem uma flexibilidade adequada. O processo de formação de filme destas tintas à base de solvente é dividido em duas fases, uma primeira onde o líquido evapora e deixa o ligante e o pigmento à superfície e uma segunda onde o ligante seca ou oxida ao reagir com o oxigénio do ar, conferindo dureza ao filme. O grande inconveniente destas tintas é o facto de conterem compostos orgânicos voláteis que são extremamente agressivos para a saúde e para o meio ambiente (camada do ozono) [30]. Por outro lado, temos as **tintas de base aquosa**, em que o ligante usado na emulsão é um material sólido disperso em minúsculas partículas na água. A formação da película destas tintas ocorre após a sua aplicação e evaporação da água. Este processo é chamado de coalescência e é explicado em 2.2.4. Pelo facto do ligante estar suspenso no solvente (água), a limpeza destas tintas com recurso à água é mais fácil, criando uma película resistente à água e intempéries [30].

Pigmento é um “material corante, geralmente na forma de partículas finas, que é praticamente insolúvel no meio de suspensão e que é utilizado devido às suas propriedades óticas, protetoras e/ou decorativas” tal como é definido na norma ISO 4618:2014 [27]. Estes podem ser de origem orgânica (animais e produtos vegetais) ou inorgânica (terras coloridas) e têm a finalidade de promover cor, opacidade, consistência e durabilidade. Uma tinta com boa capacidade de proteção tem na sua composição uma grande quantidade de pigmentos, dificultando a entrada de sais ou de ar [25].

As **cargas** são de natureza inorgânica, sob a forma de partículas mais ou menos finas, em pó ou em partículas granulares, normalmente brancos ou acinzentados, que têm um poder de cobertura desprezável. São utilizadas na formulação das tintas com o fim de melhorarem a sua aplicação, controlar a reologia, reduzir o brilho ou melhorar algumas propriedades mecânicas.

Por fim, os **aditivos** são adicionados às tintas em pequenas quantidades e são usados para conferir propriedades físicas ou químicas específicas ao revestimento, sendo estes líquidos, viscosos ou sólidos pulverulentos, solúveis nos veículos e adicionados em quantidades inferiores a 5% da massa da tinta. Contribuem para facilitar o fabrico da tinta, facilitar a sua agitação e melhorar propriedades da película seca [31]. Existe uma vasta gama de aditivos presentes no mercado, entre os quais [25]:

- **Secantes** – para reduzir o tempo de secagem das tintas
- **Plastificantes** – para conferir elasticidade e aumentar a flexibilidade da película
- **Fungicidas e algicidas** – para minimizar o ataque de fungos e algas sobre a película
- **Tixotrópicos** – para promover o aumento da viscosidade nos produtos e evitar escorrimientos da tinta
- **Agentes anti-espuma** – para diminuir ou evitar a formação de espumas indesejáveis
- **Desidratantes** – para conservar o baixo teor de humidade no interior da lata durante a armazenagem
- **Bactericidas** – para evitar os efeitos da degradação por bactérias e de putrefação
- **Absorventes de luz** – para estabilizar o comportamento dos revestimentos expostos à luz solar e aos raios UV

De todos estes componentes, o ligante e o solvente constituem a maior parte da composição das tintas, seguindo-se os pigmentos, as cargas e os aditivos que são uma ínfima parte do sistema, como podemos ver na *figura 2.4*.

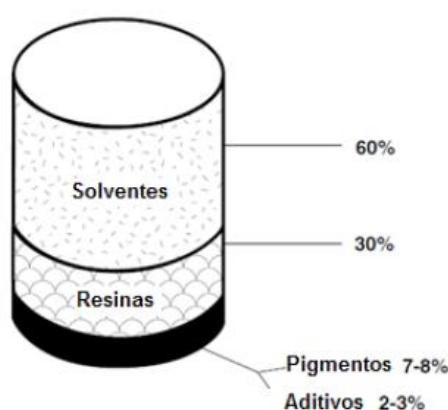


Figura 2. 4 - Composição de uma tinta, em volume [24]

Neste trabalho foram aplicadas três tintas com especificações bastante diferentes, uma tinta acrílica, uma tinta de silicatos e uma tinta à base de resinas de Hydro Pliolite, descritas de seguida. De notar ainda que, algumas destas tintas possuem características muito específicas, nomeadamente

relacionadas com o tipo de ligante que contêm, e podem distinguir-se de algum modo das anteriormente apresentadas que dizem respeito a uma tinta vulgar de emulsão.

2.2.4 Tintas Acrílicas

As tintas acrílicas, também conhecidas como tintas de base aquosa, de emulsão ou plásticas, são as tintas mais utilizadas em construção. São produzidas a partir de polímeros e copolímeros puramente acrílicos, estireno-acrílicos e também de copolímeros de ésteres vinílicos [32]. No caso de estudo, a tinta utilizada é de polímeros 100% acrílicos.

Esta dispersão aquosa é isenta de solventes orgânicos e por isso possui uma baixa toxicidade, é de fácil aplicação e de secagem rápida. Possui ainda as propriedades de alta durabilidade, resistência de aderência ao suporte, resistência à entrada de água líquida (por serem pouco porosas), aos raios UV e à alcalinidade.

Os copolímeros 100% acrílicos são mais utilizados para aplicações em exterior, em tintas que possuam níveis de pigmentos consideravelmente baixos. O custo de produção dos ácidos acrílicos e metacrílicos é bastante elevado o que torna estas tintas relativamente caras, mas o elevado preço dos polímeros é justificado pelas propriedades antes descritas. A incorporação de copolímeros estireno nos anteriores, proporciona à tinta uma maior resistência à lavagem, reduzindo o seu brilho bem como o custo final. No entanto decresce a sua resistência aos raios UV e consequentemente às intempéries, assim como a permeabilidade ao vapor de água que diminui em relação às tintas 100% acrílicas.

A formação do filme em tintas de base aquosa ocorre depois da sua aplicação e durante a evaporação da água na fase de secagem. As partículas de pigmento e o ligante aproximam-se cada vez mais e devido à ação capilar são apertadas com mais força, fazendo com que elas se fundam formando uma película contínua, mais ou menos porosa. A todo este processo chama-se coalescência e funciona como descrito na *figura 2.5*.

Estas tintas de emulsão conservam aberturas microscópicas (poros) que permitem que ela “respire”, ou seja, permite a passagem do vapor de água através dela, tornando-as mais tolerantes à humidade vinda de dentro da construção e por isso compatíveis com paredes que possuam algum teor de água. Com a suspensão do ligante em água, fica também mais fácil a diluição e limpeza com água destas tintas.

Anomalias comuns das tintas acrílicas são a formação de bolhas nas fachadas expostas às intempéries, causadas pela entrada de água da chuva e de humidades existentes. Isto acontece quando a tinta não ganha a suposta capacidade de adesão (por exemplo, por falta de aplicação de um primário requerido pelo fabricante ou por ter sido aplicada sobre um substrato sem preparação prévia e com descasques ou fissuras abertas) ou ainda por não ter tido tempo suficiente para secar antes de

uma chuvada ou de outro contacto com água. Quanto maior for a concentração de pigmentos, maior será a tendência à formação de bolhas [30].

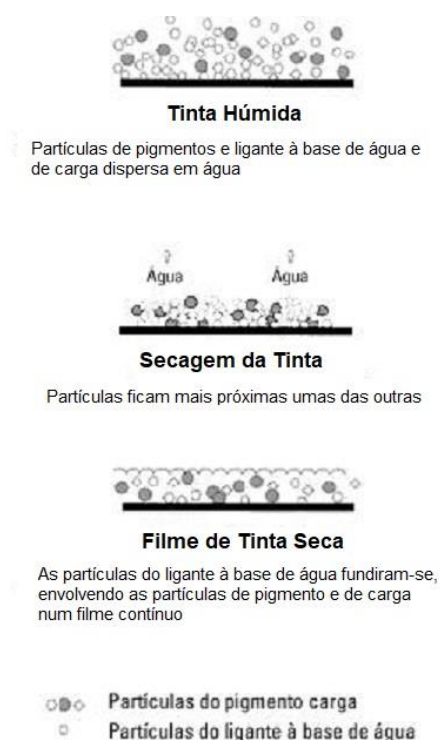


Figura 2. 5 - Processo de coalescência em tintas de base aquosa (adaptado de [33])

É necessário também ter em atenção certas limitações que este mecanismo de formação de filme acarreta. Nomeadamente no que diz respeito às temperaturas do ambiente de secagem, que para estas tintas não devem ser inferiores a 5°C, para que as taxas de evaporação dos componentes voláteis sejam compatíveis com as taxas de evaporação da água, como é pretendido. Já as temperaturas elevadas, o excesso de vento, a baixa humidade ou a exposição à luz solar direta, afetam também a formação do filme e a durabilidade do revestimento, uma vez que uma secagem muito rápida pode reduzir a mobilidade das partículas antes que a película se forme adequadamente [31].

2.2.5 Tintas de Silicatos

As tintas de silicatos são conhecidas desde a antiguidade clássica, tendo sido encontradas em frescos em ruínas de Pompeia e Herculano. Nesta época, estas tintas eram obtidas por dissolução de vidro moído em água, designando-a como pintura de “vidro solúvel” [30].

As tintas de silicatos constituem revestimentos de natureza mineral, tendo na sua composição um ligante inorgânico (na maioria, silicato de potássio), um ligante orgânico (polímero ou emulsão acrílica), cargas (calcite, caulino, etc), pigmentos inorgânicos e água. Para que esta tinta mantenha o

carácter inorgânico, a norma DIN 18363 limita o valor de polímeros a adicionar a 5% do peso total da formulação.

À semelhança do que acontece em revestimentos à base de cal, estas tintas possuem um espectro de cores bastante reduzido pois apenas utilizam pigmentos de origem mineral. Isto porque o seu comportamento altamente alcalino pode queimar os pigmentos de origem orgânica. É por isso que os constituintes destas tintas devem ter uma seleção cuidada, nas proporções adequadas e garantindo a sua qualidade, só assim se pode garantir a qualidade de todo o revestimento.

O processo de secagem e endurecimento das tintas de silicatos é bastante complexo. Este envolve reações químicas entre constituintes da tinta e o suporte onde é aplicada, bem como reações com o dióxido de carbono presente na atmosfera. O silicato de potássio reage com o quartzo e o hidróxido de cálcio presentes no suporte e também com o dióxido de carbono do ar, assim como a evaporação da água faz parte deste processo de secagem. Este processo tem o nome de petrificação e pode-se ver esquematizado na figura 2.6 [34].

Devido à sua morfologia, estas tintas não podem ser aplicadas em suportes orgânicos pois não ocorreria qualquer reação química entre a tinta e o substrato mineral. Com isto, quer-se dizer que é totalmente desaconselhável a sua aplicação sobre madeiras, metais ou superfícies previamente pintadas com tintas plásticas. O mais apropriado são as aplicações sobre rebocos de origem inorgânica, novos ou antigos, betão ou revestimentos à base de cal. Deve-se ainda ter em consideração a aplicação de um primário, também este com base em silicatos, para uniformizar a absorção através do suporte e melhorar a sua coesão.

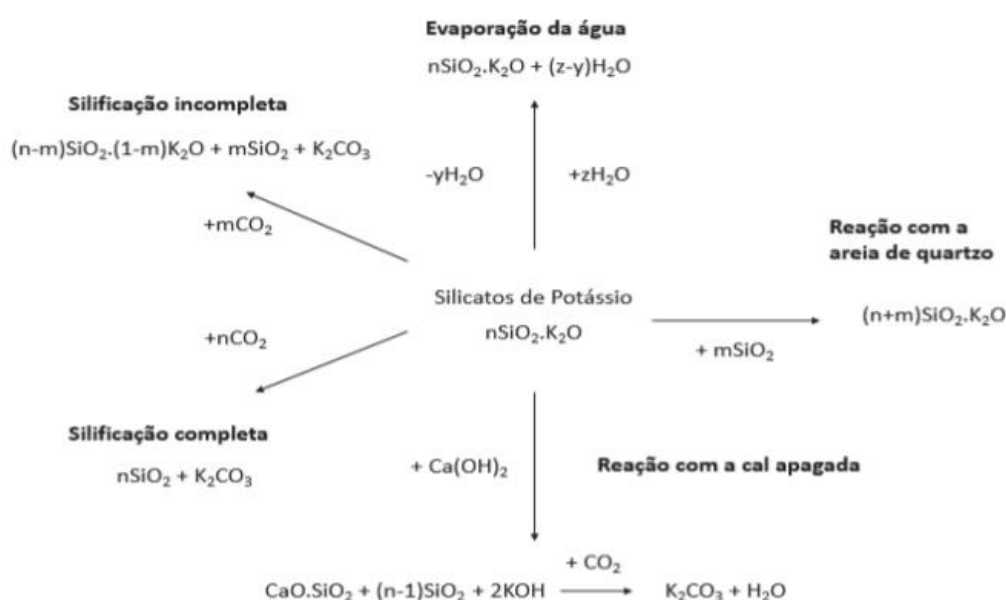


Figura 2. 6 - Reações de solidificação das tintas de silicatos [34]

Quando o processo de secagem ocorre corretamente e de acordo com a figura acima apresentada, o seu endurecimento forma ligações covalentes insolúveis em água e permite uma elevada aderência do ligante ao suporte. A sua estrutura inorgânica e porosa garante uma elevada permeabilidade ao vapor de água, razão pela qual estas tintas são consideradas adequadas para revestir paredes exteriores de edifícios antigos, permitindo e facilitando o transporte de vapor de água do interior das paredes até ao exterior. Também devido à sua natureza mineral, estes tipos de tintas são bastante resistentes ao desenvolvimento de fungos e algas bem como ao fogo, pela sua escassez de material orgânico [9]. Este tipo de revestimento apresenta normalmente um aspeto mate com elevada dureza superficial.

2.2.6 Tintas à base de Hydro Pliolite

Estas tintas aquosas utilizam, como ligante, resinas de Hydro-Pliolite emulsionadas com copolímeros acrílicos. Este ligante é produzido a partir da tecnologia EBS (Emulsified Binding System). Ao contrário das tintas convencionais, em que as partículas em emulsão constituem polímeros de alto peso molecular, neste tipo de tintas de Hydro Pliolite as partículas emulsionadas possuem no seu interior o copolímero dissolvido num solvente, o que faz com que as suas partículas tenham o dobro do tamanho das dispersas nos ligantes tradicionais, como se pode observar na *figura 2.7* [28].

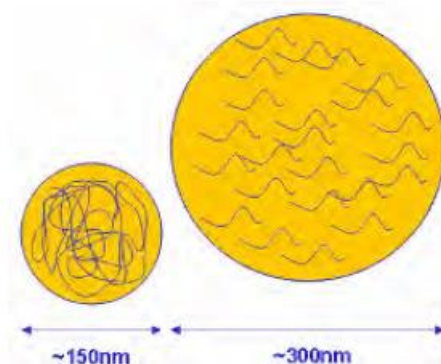


Figura 2. 7 - Comparação entre as partículas de dispersões tradicionais (à esquerda) e as partículas de Hydro Pliolite [28]

As vulgares tintas de emulsão, como antes foi dito, possuem polímeros com elevado peso molecular e baixa solubilidade, o que faz com que a penetração desses mesmos polímeros no substrato seja limitada, ou seja, a formação da película aderente apenas ocorre superficialmente (*figura 2.8*) não garantindo a melhor aderência possível. Esta é a razão porque muitas tintas tradicionais têm uma fraca aderência em substratos desagregados e maior sensibilidade à água.



Figura 2. 8 - Representação esquemática do processo de secagem de uma tinta de emulsão [28]

O processo de secagem e endurecimento das tintas à base de Hydro Pliolite é muito semelhante ao das tintas tradicionais de emulsão, com uma diferença ao nível da última fase de secagem. Depois da coalescência, ocorre a evaporação do solvente não aquoso (onde as partículas emulsionadas estavam dissolvidas), que faz com que haja uma maior penetração das partículas nos poros do substrato (*figura 2.9*), por capilaridade, bem como a criação de uma micro-porosidade no filme que ajuda a aumentar a sua permeabilidade ao vapor de água [9]. Assim sendo, estas tintas têm uma maior capacidade de aderência ao substrato que as tradicionais tintas de emulsão.

Devido a essa elevada capacidade de aderência, este tipo de tintas pode ser aplicado em qualquer tipo de substrato, nomeadamente em paredes rebocadas ou estucadas, betão, tijolo ou mesmo sobre superfícies anteriormente pintadas com outras tintas.

Este processo de secagem, permite ainda que estas tintas tenham uma elevada resistência à alcalinidade, sejam muito pouco permeáveis à água líquida (pelas suas características hidrófugas, tendo por isso uma boa resistência às intempéries) e bastante permeáveis ao vapor de água como referido anteriormente, e ainda possuam uma boa resistência a micro-organismos. São, portanto, tintas com uma elevada durabilidade, com muito boa opacidade e de acabamento mate.

Estas tintas combinam então os benefícios das dispersões aquosas tradicionais, mas com uma adesão ao substrato nunca antes alcançada por estas, dispensando na sua grande maioria a aplicação de um primário. Devido à sua excelente opacidade, obtém-se acabamentos de muito boa qualidade com apenas duas demãos.



Figura 2. 9 - Representação esquemática do processo de secagem e cura de uma tinta à base de resinas de Hydro Pliolite [28]

3 Campanha Experimental

3.1 Considerações gerais

O presente capítulo tem como objetivo apresentar todo o trabalho experimental feito nesta dissertação, descrevendo os materiais que foram utilizados na formulação dos provetes de estudo e as suas metodologias de ensaio, bem como os ensaios efetuados.

Esta campanha experimental tem por base a formulação de três argamassas distintas, aplicadas sobre um ladrilho cerâmico, por forma a simular o suporte de uma parede de alvenaria de tijolo. Foram então elaborados provetes de argamassa à base de cimento Portland, de cal hidráulica natural e de cal aérea, em que estes foram ainda revestidos com três revestimentos por pintura diferentes, um à base de tinta acrílica, outro de tinta de silicatos e por último um de resinas de Hydro Pliolite.

Numa primeira fase deste capítulo, são abordados e descritos os materiais utilizados no processo de fabricação dos provetes e as metodologias para execução dos mesmos, ilustrando-os com imagens tiradas durante todo o processo. Numa fase posterior, apresentam-se e descrevem-se todos os ensaios realizados.

Deste modo, os ensaios realizados foram:

- Ensaios de caracterização da argamassa no estado fresco
 - ✓ Avaliação da consistência por espalhamento
 - ✓ Massa volúmica
- Ensaios de caracterização da argamassa no estado endurecido
 - ✓ Dureza superficial
 - ✓ Coesão superficial
 - ✓ Erosão por desgaste
 - ✓ Absorção de água por capilaridade
 - ✓ Secagem
 - ✓ Absorção de água sob baixa pressão
 - ✓ Permeabilidade ao vapor de água

De notar que esta não foi exatamente a ordem por que os ensaios foram feitos, considerando-se apenas que seria a forma mais lógica de apresentação do trabalho. Toda a campanha experimental foi realizada nos laboratórios do departamento de engenharia civil da FCT UNL.

3.2 Materiais utilizados

Os materiais utilizados como substrato foram selecionados tendo em conta que constituem a maioria dos rebocos comuns aplicados em Portugal. Abrange então este estudo a aplicação dos revestimentos sobre edifícios antigos (rebocos à base de cal aérea ou cal hidráulica) bem como a reabilitação dos mesmos, ou de edifícios mais recentes onde se aplicam rebocos à base de cimento.

Já os revestimentos por pintura foram escolhidos com base na vida profissional do autor. As tintas à base de silicatos ou de base acrílica são as mais utilizadas pela empresa onde o mesmo trabalha, sendo então o objetivo angariar um maior conhecimento sobre elas para uma melhor e mais adequada aplicação. Em relação às emulsões de resinas de Hydro Pliolite, depois de debruçar algum tempo sobre as características das mesmas, surgiu alguma curiosidade sobre o seu comportamento e possível melhoramento em relação às duas anteriores.

De seguida apresentam-se os materiais utilizados para a formulação dos provetes de estudo.

- Ladrilho cerâmico 15x15x1,2 cm (*figura 3.1*) (placa fina feita de argila e/ou outras matérias-primas inorgânicas, geralmente utilizadas para revestir pavimentos ou paredes, usualmente conformadas por extrusão ou prensagem à temperatura ambiente, em seguida secas e subsequentemente cozidas a temperaturas suficientes para se obterem as propriedades requeridas [35]) produzido pela empresa Cerâmica Torreense;



Figura 3. 1 - Ladrilho cerâmico utilizado

- Argamassa de reboco à base de cimento Portland, efetuada com o traço 1:3 (cimento: areia) em volume;
- Argamassa de reboco à base de cal hidráulica natural (NHL 5), efetuada com o traço 1:3 (cal hidráulica: areia) em volume;
- Argamassa ecológica de reboco à base de cal aérea, constituída por cal aérea, areia fina e pó de mármore, produzida pela empresa Fradical;
- Tinta baseada em emulsões de silicatos, garantindo que a percentagem de componentes orgânicos não ultrapassa os 5% em volume de acordo com o fabricante;
- Tinta de base acrílica com copolímeros 100% acrílicos de acordo com o fabricante;
- Tinta aquosa à base de resinas de Hydro Pliolite utilizando a tecnologia EBS (Emulsified Binding System) de acordo com o fabricante.

Para a aplicação da tinta baseada em emulsões de silicatos, foi aplicado um primário, também ele baseado em emulsões de silicatos, antes da aplicação da própria tinta, com a finalidade de melhorar a aderência da mesma ao suporte.

Usou-se para a preparação das argamassas de reboco à base de cimento e de cal hidráulica, areia amarela fornecida pela Areipor, e cuja sua caracterização se encontra em 3.3.1.

O cimento utilizado foi o Cimento Portland de calcário, CEM II/B – L 32.5 N da Cimpor. Este é dos ligantes mais vulgarmente utilizados em Portugal no fabrico de argamassas correntes, sendo que a sua utilização em argamassas já foi estudada por outros autores [44;45].

Por último, a cal hidráulica utilizada foi a NHL 5 da Secil, por ser um ligante também muito utilizado em Portugal na produção de argamassas, inclusive na reabilitação. A cal hidráulica apresenta um bom compromisso entre ductilidade e resistência mecânica, prevendo-se melhor adequabilidade ao uso em revestimentos, para argamassas de cal hidráulica natural, do que argamassas que contenham cimento [44]. Sendo este factor mais importante no caso de reabilitações, foi por isso que foi escolhida uma cal hidráulica natural (NHL) em detrimento de uma cal hidráulica (HL).

3.3 Caracterização dos constituintes das argamassas

3.3.1 Análise granulométrica do agregado

Antes da formulação das argamassas, a areia selecionada (areia amarela da areipor) foi colocada numa estufa a $100 \pm 5^\circ\text{C}$ durante 48 horas, com o objetivo de reduzir a influência do teor de água das areias. Após este processo de secagem, foi feita uma análise granulométrica deste agregado. Esta análise permite formular um gráfico, chamado de curva granulométrica que possibilita uma rápida avaliação da ordem de grandeza das partículas da areia, permite também conhecer a máxima ($D_{\text{máx}}$) e a mínima (D_{min}) dimensão do agregado e por fim o seu módulo de finura, que representa a dimensão média da areia numa escala em que a dimensão 1 corresponde ao peneiro mais fino da série principal (peneiro nº 100, com 0,15 mm), a 2 ao peneiro nº 50, a dimensão 3 ao peneiro nº 30, etc.

A *figura 3.2* apresenta o gráfico da curva granulométrica e na tabela 3.1 estão representados os valores de $D_{\text{máx}}$, D_{min} e módulo de finura da areia utilizada.

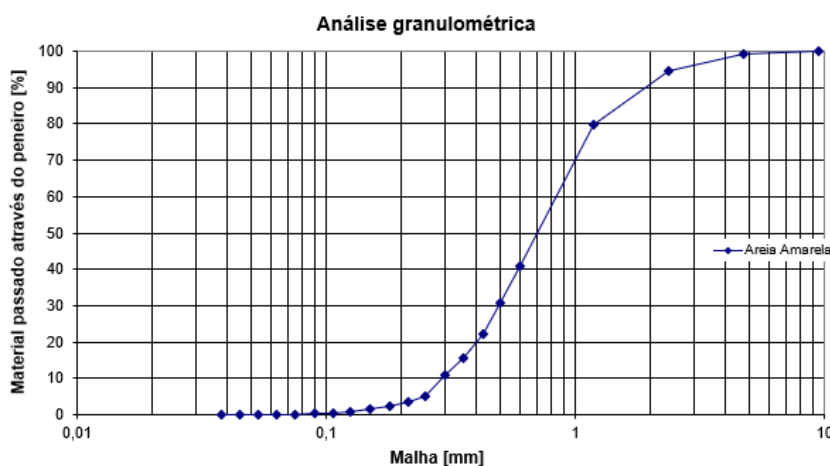


Figura 3. 2 - Curva granulométrica da areia amarela

Tabela 3. 1 - Características granulométricas da areia amarela

Areia amarela - Areipor	
Módulo de finura	2.73
D _{máx} (mm)	2.36
D _{min} (mm)	0.212

3.3.2 Baridades dos constituintes das argamassas

A baridade é definida como a massa volúmica aparente do material incoerente, e é dada pelo quociente da massa do material pelo volume por este ocupado em condições de compactação definidas. Este estudo foi feito para todos os constituintes das argamassas.

Este ensaio teve como objetivo saber a quantidade certa dos diferentes constituintes das argamassas para produção das mesmas.

Na tabela 3.2 apresentam-se os valores obtidos de baridade para os diferentes constituintes.

Tabela 3. 2 - Baridades dos diferentes constituintes das argamassas e da argamassa à base de cal aérea

Constituinte	Baridade (kg/m ³)
Areia Amarela	1476,7
Cal Hidráulica	794,3
Cimento Portland	1311,6
Argamassa industrial à base de cal aérea	1794,4

3.4 Fabrico das argamassas e elaboração dos provetes

Foram elaborados trinta e seis provetes quadrangulares com dimensões de 15cm x 15cm x 2,7 cm (1,2 cm do ladrilho + 1,5 cm de argamassa). Estes provetes consistem na aplicação de três tipos diferentes de argamassas sobre os ladrilhos cerâmicos, por forma a simular grosseiramente o suporte de uma alvenaria de tijolo, revestidos ainda por três sistemas de revestimento diferentes. Então, aplicou-se em doze provetes a argamassa de cimento sobre o ladrilho, noutros doze a argamassa de cal-hidráulica sobre o ladrilho e nos últimos doze aplicou-se a argamassa de cal aérea também sobre o ladrilho.

As argamassas foram preparadas a partir de três séries de amassaduras, uma para cada argamassa, que devido à pouca espessura dos provetes, chegou para produzir os doze provetes necessários.

Este processo teve início com a montagem dos moldes para a execução dos provetes, feitos com os materiais que estavam disponíveis no laboratório de construção do DEC. Antes de proceder à

amassadura propriamente dita, os materiais sólidos foram pesados e misturados manualmente por forma a homogeneizar ao máximo a mistura. Seguidamente foi necessário quantificar a quantidade de água necessária para se obter uma argamassa com a trabalhabilidade desejada, que foi definida utilizando como referência o ensaio de espalhamento seguindo a norma EN 1015-3: 1999 [47] e cujos resultados se encontram em 3.6.1. Para obter as características antes descritas para as argamassas, a norma aponta para um valor de espalhamento da argamassa de $175 \pm 10\text{mm}$, o que foi sempre cumprido. Com base numa pesquisa sobre estudos feitos previamente a este, a quantidade inicial de água que foi introduzida no balde da misturadora foi de 400ml por cada 2000g de sólidos [9], a qual foi a adequada para obter o valor de espalhamento referido anteriormente pela norma.

Recorrendo então a um misturador mecânico normalizado (*figura 3.3*), introduziu-se na cuba do misturador, em primeiro lugar, a mistura de sólidos e em seguida a água. Ligou-se o misturador numa velocidade lenta ($140 \pm 5\text{ rpm}$) durante um minuto e em seguida aumentou-se a velocidade ($285 \pm 5\text{ rpm}$) durante mais 30 segundos. Após deixar a mistura repousar cerca de um minuto, ligou-se novamente o misturador na velocidade rápida durante mais 1 minuto, altura em que se conclui a amassadura.

Para confirmar se a quantidade de água adicionada era a correta, depois da amassadura, segue-se o ensaio de espalhamento.



Figura 3. 3 - Misturador mecânico normalizado

Depois de pronta a argamassa com a consistência desejada, procedeu-se à montagem dos moldes por forma a facilitar a sua aplicação sobre as tijoleiras. Como não se trata de provetes normalizados, foram improvisados moldes com ripas de madeira, travando-os com chapas metálicas pesadas por forma a impedir o molde de sair do sítio durante a aplicação das argamassas, e no meio foram colocadas três tijoleiras de cada vez. Posteriormente foram aplicadas as respetivas argamassas sobre as tijoleiras numa camada com 15mm de espessura com recurso a uma colher de pedreiro, e por último as argamassas foram apertadas com uma talocha plástica (*figura 3.4*)

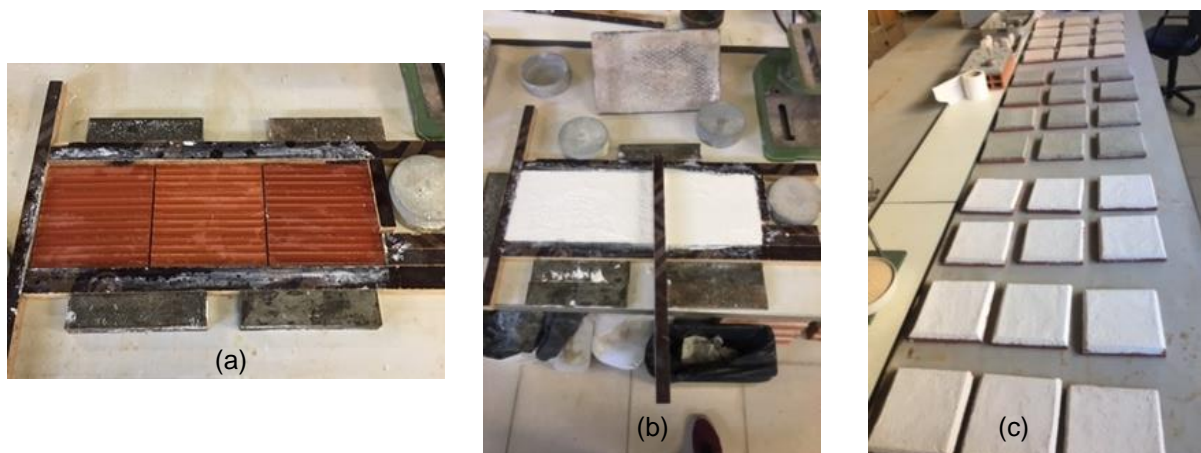


Figura 3. 4 - Fases de execução dos provetes base: (a) montagem dos moldes para a execução de três provetes; (b) aplicação da argamassa de cal aérea nos moldes; (c) provetes das três argamassas em processo de secagem

Após a conclusão deste processo, os provetes frescos foram colocados numa sala condicionada com um ambiente controlado, com uma temperatura de $20 \pm 5^\circ\text{C}$ e uma humidade relativa (HR) de $65 \pm 5\%$ durante 30 dias para uma cura apropriada.

Foram efetuados doze provetes de cada argamassa:

- Três deles sem qualquer revestimento por pintura
- Três revestidos por tinta baseada em emulsão de silicatos
- Três revestidos por tinta de base acrílica
- Três revestidos por tinta à base de resinas de Hydro Piolite

3.5 Aplicação dos revestimentos por pintura e impermeabilização das faces laterais dos provetes

Após o período de cura das argamassas anteriormente descrito, procedeu-se à aplicação dos revestimentos por pintura.

Para a tinta de emulsão de silicatos foi necessária a aplicação de um primário da mesma natureza, este diluído com água na proporção 1:1. Após 8 horas de secagem foi aplicada a primeira demão de tinta, esta diluída com 5% de água, e como o tempo de secagem para repintura é de 6 a 12 horas, apenas no dia seguinte foi aplicada a segunda demão, esta também com uma diluição de 5% de água.

No caso da tinta de base acrílica, não sendo necessário qualquer tipo de primário, procedeu-se então à aplicação da primeira demão que foi diluída com 10% de água, e 4 horas depois (tempo mínimo de secagem) procedeu-se à aplicação da segunda demão, esta já com uma diluição de apenas 5% de água.

Por último, a tinta à base de resinas de Hydro Pliolite, que também não carece de primário, foi aplicada em três demãos de acordo com o recomendado pelo fabricante. A primeira diluída com 10% de água e as duas seguintes diluídas apenas com 5%, sendo o intervalo entre elas de 4 a 6 horas, o que fez com que as duas primeiras fossem aplicadas num dia e a terceira apenas no dia seguinte.

O processo de pintura está ilustrado na *figura 3.5*.

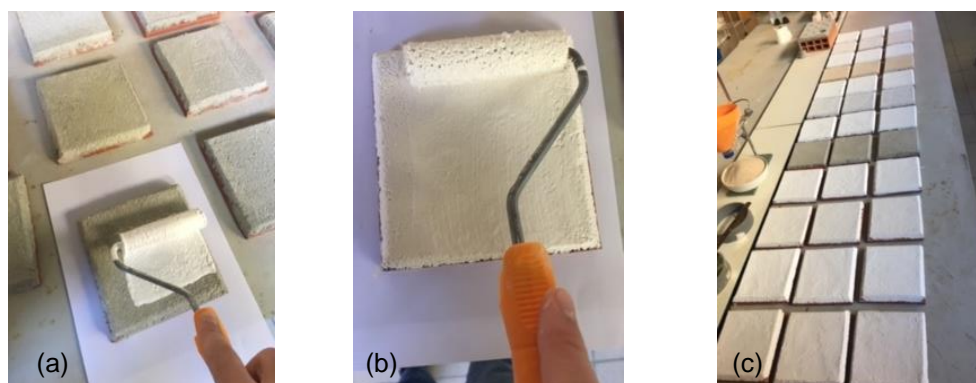


Figura 3. 5 - Fases de aplicação dos revestimentos por pintura: (a) primeira demão de tinta de base acrílica; (b) segunda demão de tinta de base acrílica; (c) provetes com os respectivos revestimentos por pintura

Na tabela 3.3 apresentam-se as designações dos provetes elaborados, tendo em conta a sua constituição e revestimento aplicados.

Tabela 3. 3 - Designação dos provetes

Provetes	Sem pintura			Tinta de emulsão de silicatos			Tinta de base acrílica			Tinta de resinas de Hydro Pliolite		
Argamassa de Cimento	C – SP1	C – SP2	C – SP3	C – S1	C – S2	C – S3	C – A1	C – A2	C – A3	C – H1	C – H2	C – H3
Argamassa de Cal Hidráulica	CH – SP1	CH – SP2	CH – SP3	CH – S1	CH – S2	CH – S3	CH – A1	CH – A2	CH – A3	CH – H1	CH – H2	CH – H3
Argamassa de Cal Aérea	FC – SP1	FC – SP2	FC – SP3	FC – S1	FC – S2	FC – S3	FC – A1	FC – A2	FC – A3	FC – H1	FC – H2	FC – H3

Depois de uma cura de 30 dias dos provetes, e da secagem completa dos sistemas de revestimento por pintura, os provetes foram sujeitos a uma impermeabilização das suas faces laterais, definindo uma área útil de 12cm x 12cm (marcando os provetes na face inferior com um marcador) (*figura 3.6 (a)*), com o objetivo de ter um maior controlo nos ensaios posteriormente elaborados. Essa impermeabilização foi feita com uma mistura de resina colofónia (ou pez louro) e cera de abelha (*figura 3.6 (b)*). Foram colocados os bocados sólidos dos dois constituintes, numa proporção 1:1 em massa, dentro de um recipiente e aqueceu-se o mesmo até que a resina e a cera formassem um líquido homogéneo (*figura 3.6 (c)*). Após a mistura estar nas condições referidas, mergulharam-se as quatro

laterais no recipiente até à marca previamente feita na parte inferior dos provetes (*figura 3.6 (d)*). A *figura 3.6* mostra o processo referido.

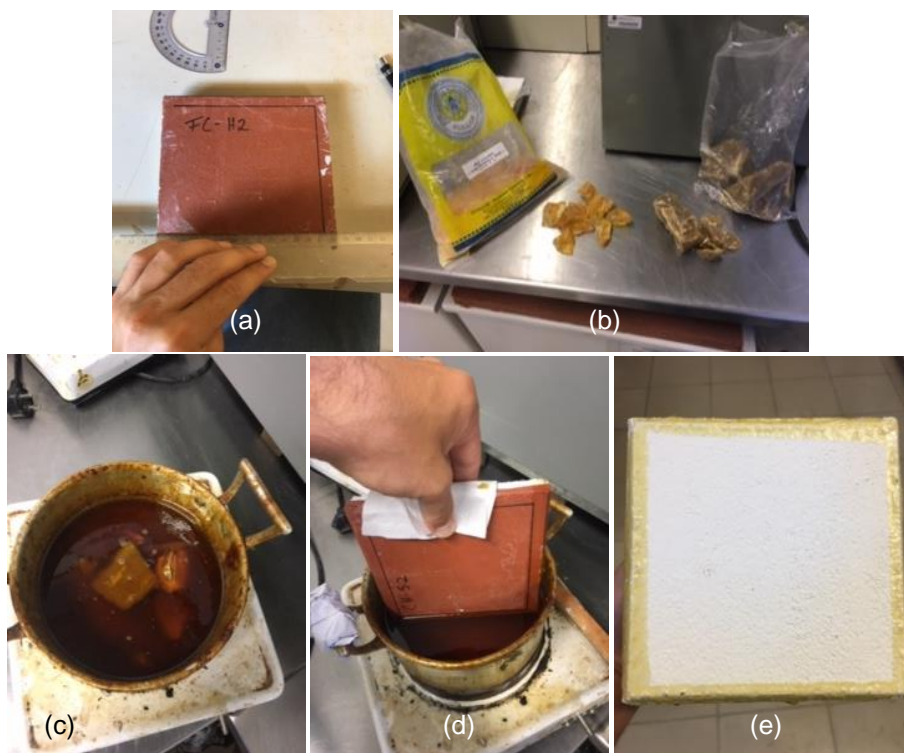


Figura 3. 6 - Fases da impermeabilização das laterais dos provetes: (a) marcação da área útil dos provetes; (b) Pez Louro (esquerda) e cera de abelha (direita); (c) aquecimento da mistura; (d) introdução do provete no recipiente até à marca desenhada; (e) provete lateralmente impermeabilizado

3.6 Ensaios de caracterização da argamassa no estado fresco

3.6.1 Avaliação da consistência por espalhamento

Este ensaio tem como finalidade determinar a consistência de uma argamassa no estado fresco, esta expressa em percentagem. A consistência é uma medida de fluidez da argamassa fresca, medindo a deformação da argamassa quando sujeita a um determinado tipo de ação. Esta caracterização da consistência por espalhamento foi realizada com base na norma EN 1015-3:1999 [47].

Este ensaio foi realizado logo após a produção das argamassas e foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Colher de pedreiro
- Tabuleiro
- Craveira
- Barra de compactação
- Molde de tronco-cónico
- Mesa de espalhamento

Para cada uma das três argamassas diferentes foi realizado este ensaio com o fim de as caracterizar. Antes de começar o ensaio propriamente dito teve-se o cuidado de limpar a superfície da mesa de espalhamento bem como o molde onde foram inseridas as argamassas, tendo o cuidado de os humedecer ligeiramente.

Colocou-se o molde de tronco-cônico centrado sobre o prato da mesa de espalhamento e com ajuda da colher de pedreiro coloca-se a primeira camada de argamassa dentro do molde, preenchendo-o até metade do seu volume. Após essa camada procede-se à sua compactação através de 10 pancadas uniformemente distribuídas, com o auxílio de uma barra de compactação (*figura 3.7 (a)*). Repete-se o processo até o molde estar uniformemente preenchido e remove-se o excesso com a colher, limpando a superfície livre da mesa.

De seguida, remove-se o molde verticalmente para não interferir na compactação da argamassa e submete-se a amostra a 15 pancadas com frequência constante, em cerca de 15 segundos, através da rotação do “volante” da mesa (*figura 3.7 (d)*). Após esse procedimento, com o auxílio de uma craveira, mede-se o diâmetro da amostra em pelo menos duas direções perpendiculares, sendo o diâmetro da amostra final (D_{med}) a média dessas medidas.

O resultado do ensaio de espalhamento é determinado através da expressão 3.1:

$$Espalhamento [\%] = \frac{D_{med} - 10}{10} \times 100 \quad (3.1)$$

em que D_{med} é expresso em [cm].

De seguida apresenta-se, na *figura 3.7*, o procedimento experimental efetuado.

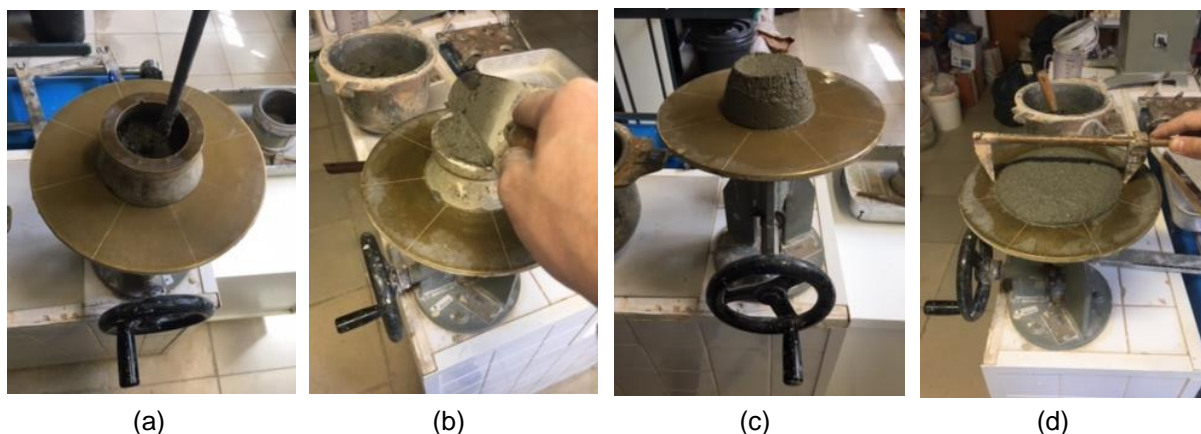


Figura 3. 7 - Procedimento da avaliação da consistência por espalhamento: (a) compactação da amostra com a barra de compactação; (b) retirar o excesso de material com colher de pedreiro; (c) amostra após retirada do molde; (d) amostra após as 15 pancadas através da rotação do “volante”

A análise dos valores de espalhamento permite verificar qual a dosagem de água ideal para a constituição de cada argamassa. O objetivo foi que a consistência por espalhamento fosse à volta de 70%, considerando este valor como ideal para uma argamassa de reboco. Os resultados deste ensaio são apresentados na tabela 3.4, referentes a uma amassadura por cada argamassa, como explicado anteriormente.

Tabela 3. 4 - Resultados do ensaio de consistência por espalhamento

Argamassa	Relação água/ligante	% água por volume de argamassa	Espalhamento (mm)	Consistência (%)
Cimento	0,604	13,9	168	68%
Cal Hidráulica	0,961	15,0	172	72%
Argamassa industrial à base de cal aérea	-	10,0*	169	69%

* este valor é recomendado pelo fabricante (Fradical) para uma boa trabalhabilidade e aplicação

3.6.2 Massa volúmica no estado fresco

O ensaio para determinação da massa volúmica das argamassas foi elaborado também no estado fresco e com base na norma EN 1015-6:1998 [48].

Para este ensaio foi necessário o seguinte material:

- Recipiente com volume conhecido
- Balança digital com precisão de 0.001g
- Colher de pedreiro
- Varão de compactação

O ensaio iniciou-se com a medição da massa do recipiente (m_1) com o auxílio de uma balança digital e o registo do seu volume (V). Posteriormente, com a ajuda de uma colher de pedreiro, introduziu-se no recipiente a argamassa de forma a preencher metade da sua capacidade e compactou-se com um varão de compactação, deferindo 15 pancadas uniformemente distribuídas. Completou-se o enchimento do recipiente e voltou-se a repetir o processo de compactação, seguindo-se do rasamento com a colher de pedreiro do material em excesso na amostra. Após a regularização da superfície, procedeu-se a pesagem do conjunto recipiente + argamassa (m_2).

A massa volúmica aparente foi então calculada com base na expressão 3.2:

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{V} \text{ (Kg/m}^3\text{)} \quad (3.2)$$

em que:

m_1 – Massa do recipiente (Kg);

m_2 – Massa do conjunto recipiente + argamassa (Kg);

V – Volume do recipiente (m³).

Os resultados do ensaio são apresentados na tabela 3.5.

Tabela 3. 5 - Resultados do ensaio de massa volúmica

Argamassa	ρ (kg/m ³)
Cimento	2110
Cal Hidráulica	1820
Argamassa industrial à base de cal aérea	1890

3.7 Ensaaios de caracterização no estado endurecido

3.7.1 Ensaaios de caracterização mecânica dos sistemas de substrato e revestimentos por pintura

3.7.1.1 Dureza superficial

Este é um ensaio não destrutivo e que tem como finalidade determinar a dureza superficial dos rebocos. Para tal, recorreu-se ao auxílio de um durómetro PCE Shore A, ilustrado na *figura 3.8*, e o procedimento de ensaio foi baseado na norma ASTM D2240 [49]. O durómetro é um equipamento de medição que contempla uma agulha na extremidade e que, quando pressionada contra o material em análise, retrai e regista a sua resistência à penetração pelo movimento do ponteiro ao longo de uma escala de 0 a 100 (no caso deste durómetro Shore A), traduzindo-se em energias de 550 a 8065 N.m. Quanto maior for o valor registado pelo ponteiro, maior será a dureza superficial do material.

Foram feitas 12 medições em 12 pontos diferentes de cada provete com o intuito de diminuir o erro na determinação deste parâmetro, visto que pode haver partes do revestimento mais duras/coesas em determinados sítios e o contrário noutras. Para aferir o resultado final foi feita uma média dos 12 valores obtidos pelo durómetro.



Figura 3. 8 - Ensaio de dureza superficial com durómetro Shore A

3.7.1.2 Coesão superficial

O ensaio de coesão superficial foi elaborado tendo por base os ensaios definidos por Drdacky [29] e adaptado por Faria [37], com o intuito de avaliar a necessidade de tratamento da superfície dos rebocos.

Para avaliar este parâmetro recorreu-se a uma fita adesiva com fortes capacidades de adesão, cortada em quadrados de 50 mm de lado, e estes foram presados com o auxílio de uma balança digital de resolução 0,001 g. Após a pesagem, colaram-se os pedaços de fita nos provetes de argamassa (*figura 3.9 (a)*) e aplicaram-se em cima destes, tiras de neoprene com uma secção ligeiramente maior (70 mm x 70 mm) (*figura 3.9 (b)*), com o intuito de distribuir uniformemente as tensões aplicadas pelo peso de 5 kg que foi posteriormente colocado em cima das tiras (*figura 3.9 (c)*). O peso atuou sobre o sistema por 30 minutos e após esse tempo arrancou-se a fita adesiva com um único movimento. Depois deste processo voltou-se então a pesar a fita adesiva e registou-se a diferença de massa entre o início e o fim do ensaio. Essa diferença permite-nos avaliar a quantidade de material arrancado dos provetes e assim caracterizá-los quanto à sua coesão superficial. O procedimento de ensaio está ilustrado na *figura 3.9*.

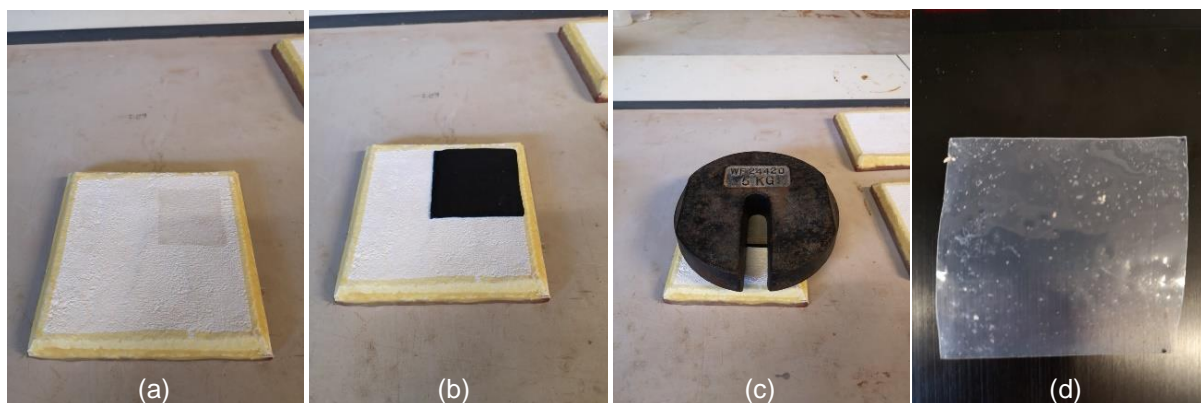


Figura 3. 9 - Ensaio de coesão superficial: (a) colagem da fita adesiva ao provete; (b) colocação da tira de neoprene sobre a fita adesiva; (c) colocação do peso de 5 kg sobre a tira de neoprene; (d) fita adesiva após arrancamento

3.7.1.3 Erosão por desgaste a seco

Este ensaio foi realizado com um equipamento previamente concebido no laboratório de construção do DEC da FCT no âmbito de um estudo feito anteriormente e com o intuito de caracterizar argamassas de reboco à base de terra [37]. O ensaio foi elaborado com base na norma DIN 18947:2013 [53].

Primeiramente procedeu-se à pesagem dos provetes de argamassa antes de serem submetidos a qualquer intervenção. Após a pesagem, colocou-se o provete sobre a superfície plana do equipamento e sobre ele pousou-se uma escova de fibras em que é aplicada uma força de 2 kg (*figura 3.10 (a)*). Posteriormente enrolou-se um cordel na parte de cima do equipamento e

manualmente puxou-se o mesmo, fazendo com que a escova desse 20 voltas completas sobre o provete (*figura 3.10 (b)*), rotação essa que induz um determinado desgaste no provete (*figura 3.10*). Por último, procedeu-se a uma nova pesagem dos provetes após este processo e registou-se a diferença de massa entre a pesagem inicial e esta última. Este resultado expressa a erosão por desgaste pretendida.



Figura 3. 10 - Ensaio de abrasão por desgaste a seco: (a) colocação do provete na mesa do equipamento e colocação da escova de fibras sobre o mesmo; (b) cordel a ser puxado fazendo a escova rodar sobre o provete; (c) provetes de cal hidráulica após o ensaio

3.7.2 Ensaios de caracterização física dos revestimentos

3.7.2.1 Absorção de água por capilaridade

Este ensaio foi realizado com o objetivo de avaliar o comportamento das diferentes tintas aplicadas sobre os diferentes tipos de reboco, quando submetidas a fenómenos de ascensão de água por capilaridade. Neste caso de estudo, esta absorção é condicionada não só pelas características intrínsecas das argamassas de reboco (porosidade e dimensão de vazios) mas também pelas diferentes características dos vários revestimentos de pintura aplicados. Com base na norma EN 1015-18:2002 [50], realizou-se então o ensaio de absorção de água por capilaridade.

Primeiramente certificou-se que os provetes estavam secos. Visto que este foi o primeiro ensaio da campanha realizado, os provetes estiveram numa sala condicionada com uma temperatura de $20 \pm 5^\circ \text{C}$ e HR de $65 \pm 5\%$ durante mais de 30 dias após o seu fabrico, o que garantiu então o grau de secagem pretendido. Antes de começar o ensaio procedeu-se à pesagem e seguido registo da massa de todos os provetes.

Arranjou-se uma caixa plástica com uma altura de água considerável no seu interior para simular um ambiente o mais possível saturado e, com a ajuda de dois tijolos, colocou-se um tabuleiro metálico sobre estes por forma a impedir o seu contacto direto com a água (*figura 3.11 (a)*). Dentro do tabuleiro foi colocada uma malha plástica (com espessura cerca de 2 mm) sobre a qual foram colocados os provetes, de forma a que a face imersa na água não estivesse em contacto direto com o tabuleiro e permitisse uma lâmina de água entre o provete e o tabuleiro. A face dos provetes em

contacto com a água foi a face pintada, com o objetivo de aferir a influência da pintura na absorção por capilaridade (*figura 3.11 (b)*). Após a sua colocação sobre a malha plástica, verteu-se cuidadosamente água para o tabuleiro de maneira a que a lâmina de água tivesse uma altura de cerca de 5 mm a cima da base dos provetes. Por fim fechou-se a caixa com uma tampa por forma a impedir a evaporação da água no seu interior. No entanto, o nível da água foi regularmente verificado, e procedeu-se ao seu ajuste sempre que necessário.

Após o início do ensaio, os provetes foram pesados aos 10min, 30min, 1 hora, 1h 30 min, 3 horas, 6 horas, 8 horas, 24 horas e daí em diante, de 24 em 24 horas até que os provetes atingissem a massa constante, que se obtém pela estabilização da curva de absorção capilar. As medições foram feitas com o auxílio de uma balança de precisão de 0,001g (*figura 3.11 (c)*) e removendo com um pano húmido a água superficial nas faces dos provetes.

Foram ensaiados três provetes de cada tipo de sistema (reboco + pintura) obtendo resultados individuais para cada um deles, sendo os resultados apresentados por sistema a média dos três resultados obtidos.

A quantidade de água absorvida por unidade de superfície em cada provete foi obtida através da equação 3.3:

$$M_{abs} = \frac{m_i - m_0}{S} \text{ (kg/m}^2\text{)} \quad (3.3)$$

Em que:

m_0 – Massa do provete no início do ensaio (kg)

m_i – Massa do provete no instante i (kg)

S – Área da base imersa na água

Os resultados deste ensaio são expressos através de curvas de absorção capilar que traduzem a quantidade de água absorvida por unidade de área da base imersa (kg/m²), em função da raiz quadrada do tempo (\sqrt{t} min). A partir destas se determinam os coeficientes de capilaridade (CC), obtidos pelo declive do troço inicial da curva de absorção capilar.

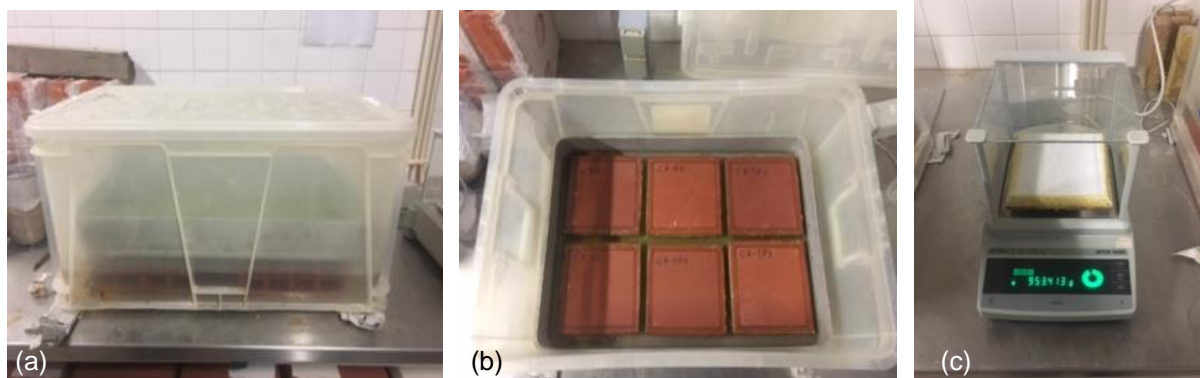


Figura 3. 11 - Ensaio de absorção de água por capilaridade: (a) caixa de ensaio; (b) colocação dos provetes na caixa com a base pintada em contato com a água; (c) pesagem dos provetes

3.7.2.2 Secagem através da superfície de acabamento

O ensaio de secagem através da superfície de acabamento tem como objetivo avaliar a cinética de secagem das diferentes argamassas, tendo em conta a influência do tipo de revestimento por pintura aplicado. Bem se sabe da importância que os revestimentos (principalmente em edifícios antigos) têm no que diz respeito a facilitar a secagem e evaporação da eventual água que se encontre presente no interior dos suportes. Com isto, é então necessário avaliar esse comportamento nas argamassas em estudo.

Findo o ensaio de absorção de água por capilaridade, os provetes encontravam-se saturados (variação da massa entre duas pesagens consecutivas inferior a 1% da massa do provete) [26], e deu-se então início ao ensaio de secagem. Este ensaio teve por base a norma EN 16322:2013 [51] e consiste em deixar os provetes secarem livremente pela superfície de acabamento, num ambiente controlado e registar a sua perda de massa ao longo do tempo.

Como se pretendia uma secagem unidirecional, isto é, que a secagem ocorresse apenas através da superfície de acabamento e não pelas laterais ou da face inferior (embora as laterais não fossem uma preocupação visto que os provetes já tinham sido previamente impermeabilizados nestas zonas), os provetes foram selados através de película aderente em toda a sua aérea excetuando, por razões óbvias, a face onde estava aplicado os revestimentos, como ilustra a *figura 3.12*.

Estando todos os provetes devidamente selados, deu-se início ao ensaio. Os provetes foram colocados numa sala com um ambiente condicionado a 20 ± 5

$65 \pm 5^\circ\text{C}$ e $65 \pm 5\%$ de HR. As pesagens dos provetes foram feitas, com o auxílio de uma balança com precisão de 0,001g, de hora a hora nas primeiras 7 horas e daí em diante foi feita uma pesagem diariamente durante os 28 dias seguintes.

Os resultados são expressos através de curvas de secagem, que traduzem a massa evaporada por unidade de área em função do tempo de ensaio, em horas, e também do índice de secagem que avalia a resistência de secagem dos revestimentos. Ou seja, quanto menor for esse índice, maior a rapidez de secagem do sistema. O índice de secagem é determinado pela equação 3.4, através do traçado da curva de secagem, ou seja, é calculado pela integral desta, representativo da função teor máximo de água em relação ao tempo necessário para que o provete seque [4]:

$$I_s = \frac{\int_{t_0}^{t_f} f\left(\frac{M_i - M_{seco}}{M_{seco}}\right) dt}{\left(\frac{M_{sat} - M_{seco}}{M_{seco}}\right) \times t_f} \quad (3.4)$$

Em que:

M_i – massa do provete registada durante o ensaio (g);

M_{seco} – massa do provete no estado seco (g);

M_{sat} – massa do provete em estado saturado (g) que corresponde à massa no início do ensaio;

t_f – tempo final do ensaio de secagem (h).

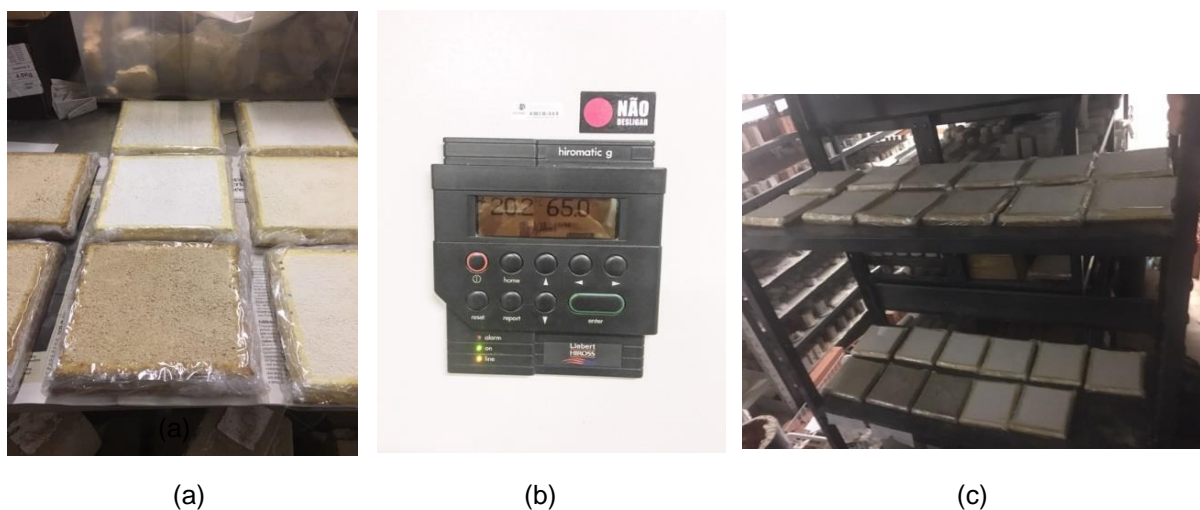


Figura 3. 12 - Ensaio de secagem: (a) impermeabilização dos provetes com película aderente; (b) condições sobre o qual foi efetuado o ensaio; (c) provetes dispostos durante o ensaio.

3.7.2.3 Absorção de água sob baixa pressão

O objetivo deste ensaio é avaliar o comportamento dos sistemas de revestimento em estudo face à ação combinada da chuva e do vento, utilizando para esse fim a técnica do tubo de *Karsten*.

Estes tubos de *Karsten* são equipamentos de vidro graduados de 0 a 4 cm³, em forma de cachimbo, com uma parte inferior cilíndrica e com o fundo aberto (no caso dos tubos utilizados neste estudo) que se coloca em contacto com a superfície do provete a analisar.

O ensaio foi realizado com base na norma EN 16302:2013 [52] e o selante utilizado para garantir a estanquidade dentro do tubo foi a plasticina. Tendo medido previamente a secção inferior do cachimbo, coloca-se nos bordos da face inferior a plasticina (sem que esta obstrua o orifício do tubo) e pressiona-se, com alguma pressão, o cachimbo contra o provete garantindo a sua estanquidade e verticalidade (*figura 3.13*). É então introduzida a água dentro do tubo até à graduação 0 cm³ e ajustada com a ajuda de uma pipeta. Com a ajuda de um cronómetro faz-se o registo da descida da água aos 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 30 e 60 minutos, sem reposição do nível de água.

Foram utilizados 3 tubos de *Karsten* por provete, posicionados em três diferentes zonas da superfície, preferencialmente em zonas planas e sem fissuração para permitir uma melhor avaliação da heterogeneidade do comportamento dos revestimentos.

Este ensaio tem como resultados a absorção de água por área livre da base do tubo aos 60 minutos bem como o coeficiente de absorção de água (C_{abs}) que traduz a quantidade de água

absorvida pelo provete em função da área de absorção e ao fim de 60 minutos. Este coeficiente pode ser calculado através da equação 3.5:

$$C_{abs} = \frac{A_{abs} \times 10^{-3}}{\frac{\pi \times d^2}{4} \times 10^{-6} \times \sqrt{t}} \quad (3.5)$$

Em que:

A_{abs} – quantidade de água absorvida (ml);

d – diâmetro da abertura inferior do tubo de *Karsten* (cm);

t – duração da leitura (min).



Figura 3. 13 - Ensaio de absorção de água sobre baixa pressão

3.7.2.4 Permeabilidade ao vapor de água

O ensaio de permeabilidade ao vapor de água é um dos ensaios mais importantes relativamente a argamassas de revestimento e revestimentos por pintura. Como dito anteriormente, a água é um dos maiores causadores de anomalias nos edifícios. Com isto, toda a água que consegue entrar por fissuras no reboco, água da execução dos próprios revestimentos ou água absorvida por capilaridade do terreno, não deve permanecer no interior dos revestimentos. É então extremamente importante que a sua permeabilidade ao vapor de água seja elevada, possibilitando a sua saída e permitindo a secagem do suporte.

Este ensaio tem como objetivo avaliar a influência dos diferentes revestimentos por pintura na permeabilidade ao vapor de água das argamassas de revestimento. O ensaio foi feito com base na norma NP EN 1015-19:2008 [54] pelo método da cápsula húmida, com ligeiras alterações na temperatura das camaras de ensaio e na dimensão dos provetes (que não são normalizados).

Como já mencionado anteriormente, os provetes elaborados para este estudo têm dimensões 15 x 15 cm e por essa razão, teve que se utilizar caixas plásticas com dimensões de 20 x 20 x 10 cm (figura 3.15 (a)) para que os provetes encaixassem sem problema sobre as tampas das caixas.

Recortou-se as tampas com uma secção útil de 12 x 12 cm (área útil do provete sem impermeabilização) e estas foram coladas com silicone resistente à humidade aos provetes para que não houvesse qualquer passagem de ar entre o provete e a tampa. Dentro das caixas foram vertidos 800 ml de água e colocado algodão por forma a impedir o movimento da água durante a movimentação dos provetes para as pesagens. Finalmente as caixas foram fechadas e seladas novamente para criar um ambiente estanque e saturado no seu interior [26].

Os conjuntos caixa-provete foram pesados com uma balança de resolução de 0,1g e colocados dentro de uma câmara climática FITOCLIMA 300 EDTU (*figura 3.15 (c)*) a uma temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ e $50 \pm 5\%$ de HR (*figura 3.15 (e)*). A diferença de HR entre o interior da câmara e o interior das caixas permite um fluxo de vapor de água do interior das caixas para o exterior (*figura 3.14*)

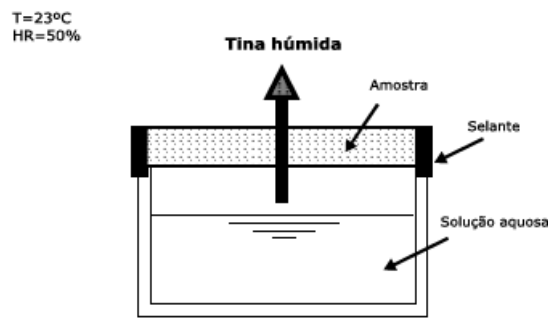


Figura 3. 14 - Método da cápsula húmida (adaptado de [5])

Considerou-se um período de 48h para a estabilização dos provetes, e a partir daí começaram as sucessivas pesagens de 24 em 24 horas, até se atingir o regime estacionário de passagem do vapor de água, correspondendo a uma variação, entre três pesagens consecutivas, de perda de massa de 4%. O ensaio está ilustrado na *figura 3.15*.

A permeabilidade ao vapor de água (δ) é obtida através da equação 3.6 [3]:

$$\delta = \frac{G \times e}{S \times \Delta_p \times 36 \times 10^5} \quad (3.6)$$

Onde:

G – fluxo de vapor de água em regime estacionário (g/h);

e – espessura do provete (m);

S – secção de ensaio (m²);

Δ_p – diferencial de pressão do vapor de água entre os dois lados do provete (Pa).

O diferencial de pressão é calculado pela equação 3.7:

$$\Delta_p = P_e - P_i = P_s \times \frac{HR_e}{100} - P_s \times \frac{HR_i}{100} \quad (3.7)$$

Onde,

P_e é a pressão no interior da câmara climática e P_i é a pressão no interior da caixa plástica, em Pa. HR_e e HR_i são a humidade relativa (%) no interior da câmara e dentro da caixa plástica, respetivamente. P_s é então a pressão de vapor de saturação para o valor de temperatura T (°C) que se encontra no interior da câmara, e que pode ser calculada por:

$$P_s = 610,5 \times e^{\frac{17,269 \times T}{237,3 + T}} \quad (3.8)$$

Para além das grandezas já expostas, é ainda calculada a permeância que não é mais que o quociente entre a permeabilidade ao vapor de água e a espessura da amostra (δ/e) e que corresponde à densidade do fluxo de vapor de água, e a espessura da camada de ar de difusão equivalente (S_d) que traduz a espessura de uma camada de ar com a mesma permeância que uma camada do material em estudo com espessura (e) e é dada por:

$$S_d = \frac{\delta^{ar} \times e}{\delta} \quad (3.9)$$

Em que $\delta^{ar} = 1,95 \times 10^{-10}$ kg/(m.s.Pa) é o coeficiente de difusão de vapor de água no ar à pressão atmosférica [19].

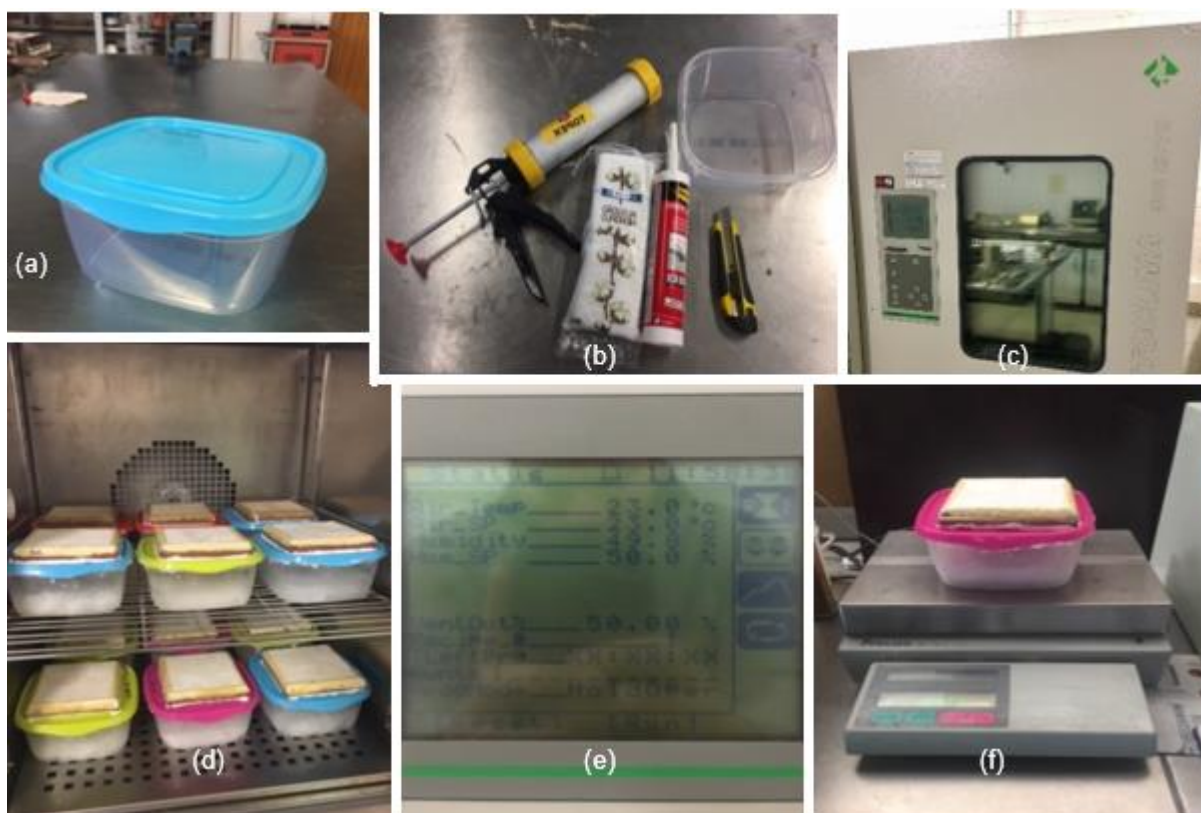


Figura 3. 15 - Ensaio de permeabilidade ao vapor de água: (a) caixa plástica usada para o ensaio; (b) material necessário para preparar as caixas e os provetes para o ensaio; (c) câmara climática FITOCLIMA 300 EDTU; (d) caixas fechadas e seladas no interior da câmara; (e) condições de temperatura e HR no interior da câmara; (f) pesagem do sistema provete + caixa

4 Apresentação e análise de resultados

4.1 Considerações gerais

No presente capítulo são apresentados e analisados os resultados obtidos nos ensaios laboratoriais descritos no capítulo anterior e realizados aos diferentes suportes e com os diferentes revestimentos por pintura, durante toda a campanha experimental. Assim sendo os objetivos do capítulo são os seguintes:

- Estudar as características mecânicas das argamassas de reboco aplicadas nos diferentes sistemas (dureza superficial, coesão superficial e erosão por desgaste);
- Analisar o desempenho dos vários revestimentos por pintura aplicados sobre as diferentes argamassas, relativamente à sua resistência face à água (absorção de água por capilaridade, absorção de água sob baixa pressão com tubos de *Karsten*) e facilidade de secagem (secagem através da superfície de acabamento e permeabilidade ao vapor de água);
- Fazer uma análise comparativa dos diferentes revestimentos por pintura aplicados sobre as diferentes argamassas de revestimento.

Os resultados são apresentados na sua grande maioria através de gráficos ou tabelas, seguidos de uma análise dos mesmos. Todos os ensaios foram realizados sobre 3 provetes do mesmo sistema, sendo os resultados apresentados, uma média desses mesmos valores.

4.2 Caracterização mecânica dos revestimentos

4.2.1 Dureza superficial

No que diz respeito à dureza superficial das argamassas de reboco analisadas, os resultados foram dentro do espectro esperado. Na *figura 4.1* apresentam-se os resultados em forma de gráfico, para uma melhor análise.

Pela observação e análise do gráfico, conclui-se que a argamassa com o maior valor de dureza superficial é a argamassa de cimento, que como descrito anteriormente, é das três a que possui maior resistência, o que pressupõe, também, uma dureza superficial superior às restantes. Já a argamassa de cal hidráulica, possui uma dureza superior em relação à argamassa de cal aérea, também como esperado a nível teórico.

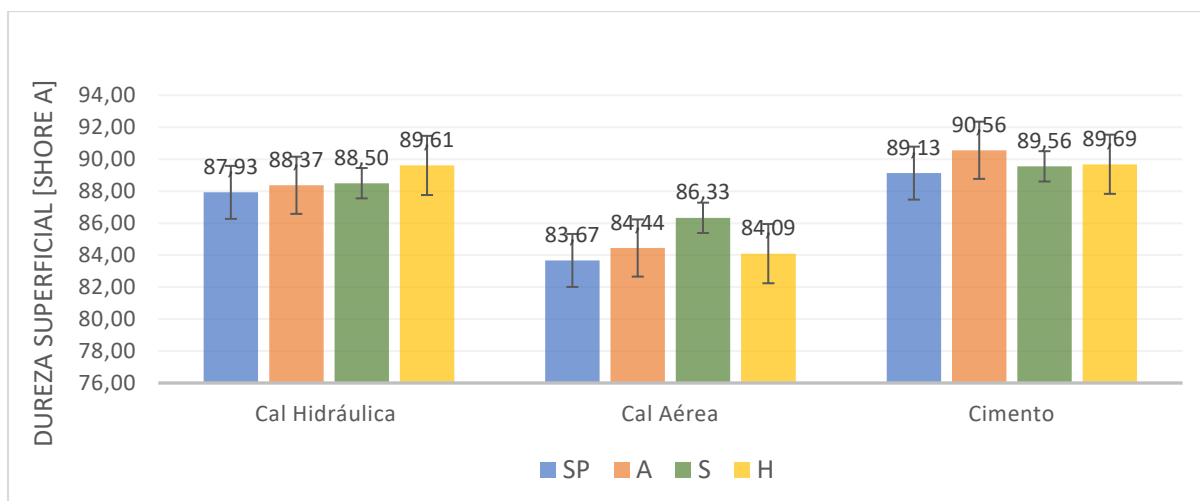


Figura 4. 1 - Dureza superficial dos revestimentos

Observa-se também, que as argamassas sem revestimento por pintura (**SP**), são aquelas que possuem menores valores de dureza superficial, comparativamente com as revestidas, ainda que a diferença seja reduzida. Embora o tipo de tinta utilizado não tenha grande influência na dureza do revestimento, visto que os valores (mais duro/ menos duro) mudam de argamassa para argamassa, independentemente da tinta que esteja aplicada, o simples facto de ter um revestimento por pintura, acrescenta então alguma dureza na totalidade do sistema.

4.2.2 Coesão superficial

Os resultados da perda de coesão superficial, obtidos pelas argamassas e respetivos revestimentos estudados, podem ser observados na *figura 4.2*, sendo apresentados em percentagem. Estes resultados resultam da média dos resultados dos três provetes ensaiados para cada sistema (argamassa + pintura).

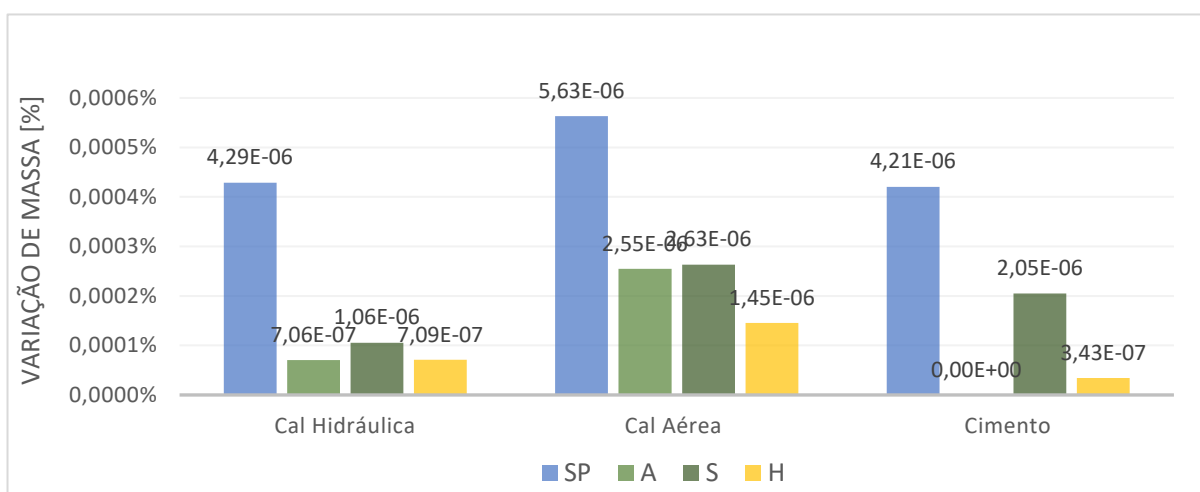


Figura 4. 2 - Perda de coesão superficial dos revestimentos

Analisando o gráfico, constata-se que os maiores valores de variação de massa (perda de coesão) são registados na argamassa de cal aérea, o que não é um resultado estranho tendo em conta que esta argamassa tem menos resistência mecânica que as restantes (como é descrito em 2.1.4), o que pode explicar a menor coesão. Remédios [26] obteve valores da mesma ordem de grandeza dos obtidos neste trabalho, para argamassas de cal aérea (entre 0 e 0.006 g). Já as argamassas de cimento e de cal hidráulica têm um comportamento mais homogêneo entre elas, com valores na mesma ordem de grandeza, sendo a argamassa de cimento a que apresenta maior coesão.

No que diz respeito às tintas, é facilmente observável que os provetes sem pintura (**SP**), são os mais suscetíveis de perda de coesão, contrariamente aos restantes. Com esta análise, percebe-se que a formação de película (por parte dos revestimentos por pintura), protege e ajuda na coesão do substrato onde é aplicado, independentemente da sua natureza. Por sua vez os provetes pintados com tinta à base de resinas de Hydro Pliolite, apresentam os melhores resultados deste ensaio, isto porque, como foi dito no 2º capítulo, estas tintas têm maior capacidade de aderência do que as tradicionais tintas de emulsão (devido ao seu mecanismo de secagem), o que confere maior coesão ao substrato.

4.2.3 Erosão por desgaste a seco

Este ensaio vem alinhado com os anteriores, onde se obteve os resultados que se encontram na *figura 4.3*.

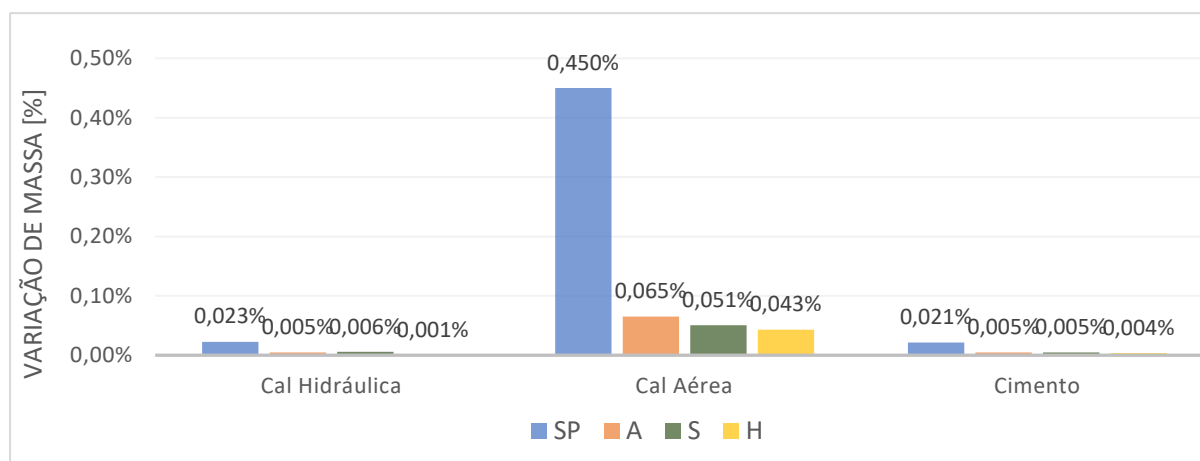


Figura 4. 3 - Perda de massa através do ensaio de erosão por desgaste dos revestimentos

Mais uma vez, neste ensaio a argamassa de cal aérea é a que sofre maior desgaste. Podemos ver pelos valores do gráfico, que comparada com as outras duas argamassas, a de cal aérea é a que apresenta os maiores valores de perda de massa, que pressupõe uma menor resistência superficial. Em concordância com os dois ensaios anteriores, as argamassas de cal hidráulica e de cimento apresentam valores na mesma ordem de grandeza, sendo a de cimento ligeiramente mais resistente, no que diz respeito à argamassa sem pintura.

Também de acordo com o ensaio de coesão superficial, relativamente aos revestimentos por pintura, as tintas de resinas de Hydro Pliolite são as que apresentam valores mais reduzidos de perda de massa, apresentando por isso uma maior aderência ao suporte que lhe confere uma maior resistência superficial. Novamente, tendo em conta o processo de secagem destas tintas, estas conferem uma melhor aderência que as tradicionais tintas plásticas ou de silicatos.

Ainda assim podemos concluir que, pela aplicação de um revestimento por pintura, seja ele de que natureza for, a resistência superficial do suporte aumenta consideravelmente, conferindo-lhe uma camada de proteção mecânica bastante importante para a preservação do bom funcionamento do sistema de revestimento.

4.3 Caracterização física dos revestimentos

4.3.1 Absorção de água por capilaridade

A absorção de água por capilaridade, pode ser traduzida graficamente, através da quantidade de massa absorvida por unidade de área em contacto com a água, em função da raiz quadrada do tempo de ensaio.

A partir das curvas de absorção de água, podem ser determinados os coeficientes de absorção de água por capilaridade, C_c , que traduzem a velocidade de absorção de água nos instantes iniciais. Esta fase é referente ao mecanismo de transporte de água em materiais porosos, em que, a penetração depende da taxa de absorção da superfície em contacto com a água. O C_c representa o declive da reta tangente ao primeiro troço da curva de absorção de água ao longo do ensaio. Define-se este troço até que haja uma alteração brusca do andamento do gráfico, onde o declive da reta passa a ser mais ou menos acentuado, dependendo dos sistemas.

No caso das argamassas sem pintura, a primeira fase do gráfico reflete a absorção rápida (preenchimento dos poros abertos). Com isto segue-se a fase de absorção lenta na qual o mecanismo de transporte de água ocorre por difusão [39].

Na *figura 4.4* encontram-se os gráficos das curvas de absorção capilar, referentes aos diferentes sistemas, bem como um gráfico com curvas referentes aos diferentes tipos de argamassa, em provetes sem pintura.

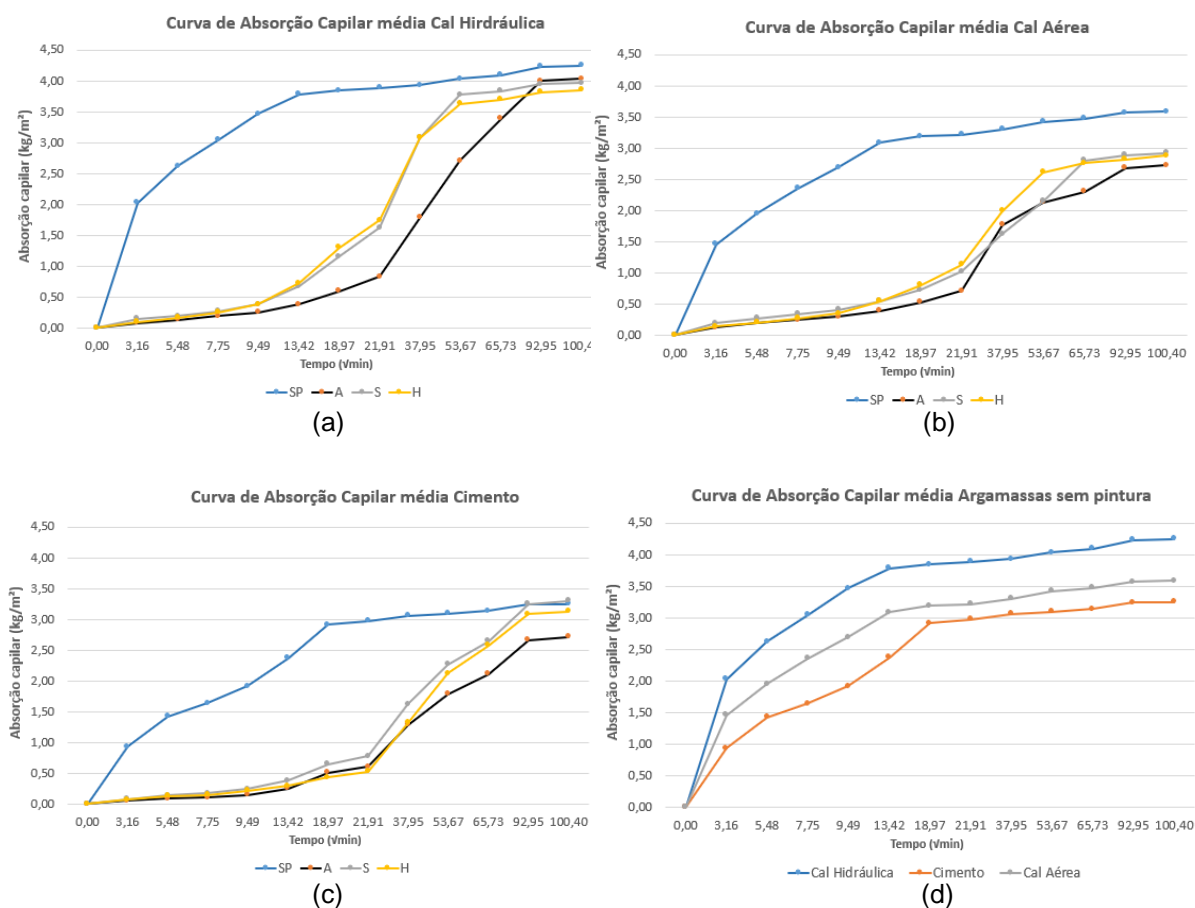


Figura 4. 4 - Curvas de absorção capilar resultantes do ensaio: (a) curvas relativas à argamassa de cal hidráulica; (b) curvas relativas à argamassa de cal aérea; (c) curvas relativas à argamassa de cimento; (d) curvas comparativas das diferentes argamassas sem pintura aplicada

Segundo a norma EN 1015-18:2002 [50] em que foi baseado este ensaio, o C_c é determinado pela diferença de massa entre os 10 e os 90 minutos. Contudo, pelo facto dos provetes neste estudo não serem normalizados (\neq de 40 x 40 x 160 mm), houve a necessidade de adequar caso a caso o momento em que a linha de tendência se ajustasse melhor ao troço de absorção inicial. Em vários casos considerou-se também, para determinar o C_c , os primeiros 10 minutos de ensaio devido ao facto da absorção neste momento inicial ser bastante significativa não devendo ser desprezada. Na *figura 4.5* apresentam-se os resultados obtidos para os valores do coeficiente de capilaridade dos diferentes sistemas.

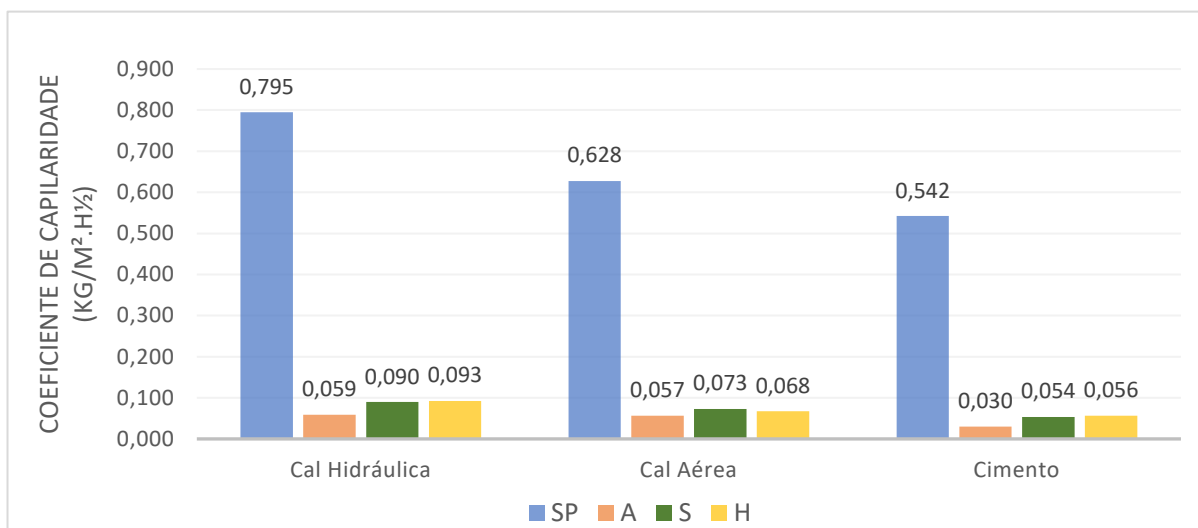


Figura 4. 5 - Gráfico comparativo dos Cc nos diferentes sistemas

Começando pela análise da *figura 4.4d*, observa-se pelo traçado do gráfico, a existência de dois momentos distintos, no processo de absorção, sendo o primeiro com um declive bastante acentuado e o segundo com um declive bastante inferior, que corresponde à altura em que ocorre a estabilização dos provetes. Verifica-se então que a argamassa de cal hidráulica é a que tem uma taxa de absorção inicial mais elevada, o que conduz a um coeficiente de capilaridade também mais elevado (o declive da recta inicial é mais acentuado do que nas duas argamassas restantes). Já no que diz respeito à saturação, a argamassa de cimento é a que demora mais tempo a estabilizar (às 6 horas), o que pode ser justificado pelo facto de ser a argamassa menos porosa e mais compacta, demorando assim mais tempo a absorver a água e atingir a saturação. O cimento é um ligante que torna difícil a penetração da água pela coesão que confere à argamassa, podendo afirmar-se que quanto maior o teor em cimento menor a aptidão da argamassa para absorver água [40].

A argamassa de cal hidráulica foi a que maior quantidade de água absorveu, o que se esperava ter sido a argamassa de cal aérea visto que normalmente é a argamassa mais porosa. A explicação pode advir do facto desta argamassa de cal aérea ter na sua constituição pó de mármore, que tem características de um *filler* e que por sua vez diminui a porosidade da argamassa. Conclui-se então que dentro dos três tipos de argamassas analisados, a argamassa de cimento é a que possui menor coeficiente de capilaridade e menor limite assintótico, ao contrário da argamassa de cal hidráulica que é a que regista valores mais altos de Cc e também do limite de absorção.

Incidindo agora sobre a *figura 4.5*, é facilmente perceptível que, os revestimentos por pintura, reduzem bastante a absorção capilar dos suportes, sejam eles de que natureza forem. Verifica-se, relativamente às argamassas sem pintura, uma redução média de 93%, 89% e 89% para as tintas acrílica, silicatos e de Hydro Pliolite, respetivamente. Analisando os gráficos das *figuras 4.3a, b e c* percebe-se que a absorção inicial dos provetes sujeitos à aplicação de pinturas é em tudo diferente à dos provetes sem pintura. Estes têm então uma fase inicial de absorção muito lenta (contrariamente aos não pintados), daí os Cc serem consideravelmente mais baixos, uma segunda fase de elevada

absorção, depois da água conseguir penetrar na película formada pelas tintas e ainda uma terceira fase onde ocorre a estabilização dos provetes e a sua saturação.

Como se pode observar, as três tintas reduzem bastante a absorção de água por capilaridade do suporte, possuindo então um Cc consideravelmente mais baixo do que o das argamassas não pintadas. É de notar que os valores para as tintas de silicatos e de resinas de Hydro Pliolite são da mesma ordem de grandeza, sendo que as tintas acrílicas possuem valores ligeiramente mais baixos, pelo facto de serem tintas menos porosas (o que faz com que a sua absorção inicial seja mais demorada).

No que diz respeito à tinta de silicatos, já alvo de estudo de trabalhos anteriores, pode dizer-se que os resultados obtidos neste trabalho estão na mesma ordem de grandeza dos obtidos por Brito [9]. Os resultados de Brito [9] para tintas de silicatos variam entre os 0,06 e 0,43 kg/m².h^{1/2}, sendo que o limite superior excede um pouco os resultados obtidos neste trabalho que se encontram entre 0.0537 e 0.0898 kg/m².h^{1/2}, valores estes em concordância com o limite inferior da autora. Já os resultados encontrados por Veiga e Tavares [41] para estas mesmas tintas de silicatos (0,81 a 1,42 kg/m².h^{1/2}) são um pouco mais dispares dos deste estudo, sendo bastante mais elevados, que pode estar relacionado com o facto dos provetes ensaiados por estes autores serem bastante diferentes aos do presente estudo, sendo estes provetes cilíndricos de 0,20 m de diâmetro e 20mm de espessura e apenas constituídos por argamassa (de cal aérea).

Relativamente à tinta à base de resinas de Hydro Pliolite, apenas foi encontrada alguma informação de forma a comparar os resultados também no estudo feito por Brito [9]. Novamente, para esta tinta, os resultados deste trabalho estão em concordância com os da autora que obteve resultados entre 0,06 e 0,08 kg/m².h^{1/2}, equiparados aos 0,05 e 0,09 kg/m².h^{1/2} apresentados no presente estudo.

Da mesma forma, os resultados obtidos pela autora para a tinta acrílica (a que lhe chama de tinta plástica de referência), estão de acordo com os obtidos nesta dissertação, tendo obtido o valor de 0,07 kg/m².h^{1/2} (apenas foi ensaiada uma tinta) comparativamente aos 0,03 e 0,06 obtidos neste estudo. Ainda para esta tinta, Remédios [26] obteve o valor de 0,143 kg/m².h^{1/2} que não se coaduna com os resultados deste trabalho, sendo bastante mais elevado. A explicação pode advir do facto da argamassa aplicada pelo autor ser ligeiramente diferente das deste trabalho, ou também pelo facto do autor referir que um dos provetes pintados com esta tinta nunca chegou a estabilizar devido, provavelmente, a fissuração, o que pode ter influenciado os resultados finais.

Conclui-se então que os revestimentos de silicatos e de resinas de Hydro Pliolite se comportam de forma muito idêntica no que diz respeito à absorção de água por capilaridade, distanciando-se ligeiramente das tintas acrílicas, que oferecem uma maior resistência à absorção. No entanto, todas elas dificultam bastante a absorção de água líquida, por forma a minimizar a penetração de água da chuva ou proveniente de lavagens, no suporte.

4.3.2 Secagem através da superfície de acabamento

Neste ensaio, tal como no anterior, os resultados são apresentados com recurso a gráficos, neste caso, com curvas de secagem. Para se dar início ao processo de secagem os provetes teriam de estar saturados, existindo duas formas de o fazer. A primeira seria imergir os provetes em água durante um determinado período de tempo até estes ficarem saturados e depois então dar início a este ensaio, o segundo seria através do ensaio de absorção por capilaridade, em que no fim os provetes devem estar saturados. Escolheu-se então a segunda opção considerando-a a mais diretamente representativa das condições de serviço dos revestimentos.

A duração do processo de secagem foi igual para todos os provetes de todos os sistemas de revestimento, tentando ao máximo, que no fim do ensaio, a massa fosse o mais perto possível da massa inicial, antes do ensaio de capilaridade, ou seja, massa do provete completamente seco. A secagem teve a duração de 28 dias que foi suficiente para obter os resultados pretendidos.

Na *figura 4.6* encontram-se os gráficos representativos das curvas de secagem dos vários sistemas de revestimento e dos vários sistemas de pintura. As curvas apresentadas correspondem ao valor médio dos resultados obtidos em três provetes por sistema (reboco + pintura).

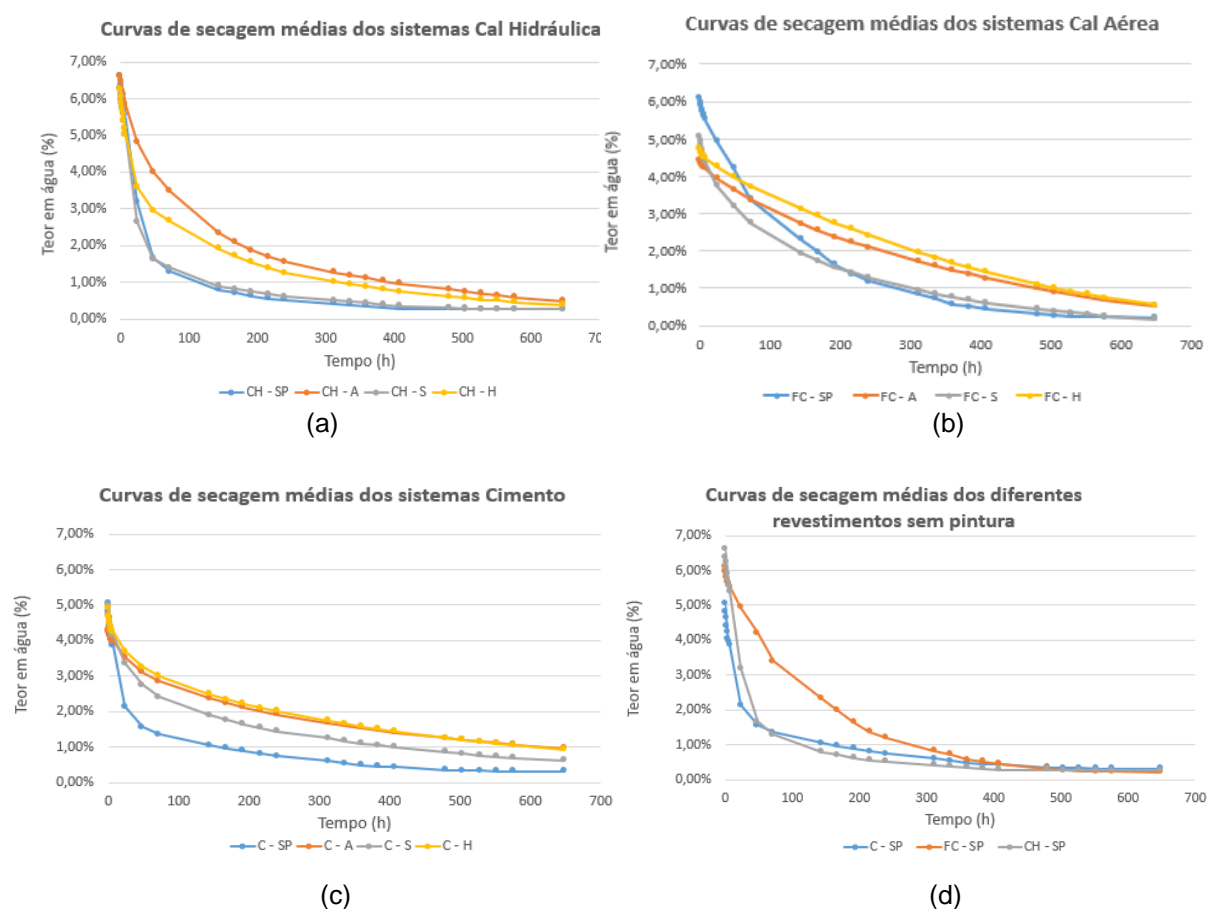


Figura 4. 6 - Curvas de secagem resultantes do ensaio: (a) curvas relativas à argamassa de cal hidráulica; (b) curvas relativas à argamassa de cal aérea; (c) curvas relativas à argamassa de cimento; (d) curvas comparativas das diferentes argamassas sem pintura aplicada

Analisando primeiramente as curvas comparativas das diferentes argamassas sem pintura, verifica-se que a argamassa de cimento e a de cal hidráulica têm comportamentos semelhantes, sendo que o declive da reta inicial da argamassa de cal hidráulica é ligeiramente mais acentuado (mesmo sendo difícil a observação), o que indica uma velocidade inicial de secagem maior. Já a argamassa de cal aérea afasta-se do comportamento das anteriores sendo que a sua secagem é um pouco mais morosa, indicando um índice de secagem mais elevado. Tal pode ser justificado pelo facto das argamassas de cal endurecerem por carbonatação. Nas argamassas de cal aérea, este processo desenvolve-se pela reação do ligante com o CO_2 do ar, originando a formação de cristais que ocupam os poros, obstruindo-os e diminuindo não só a absorção de água por capilaridade, mas também a velocidade de secagem [42].

As argamassas que apresentam maiores coeficientes de absorção de água por capilaridade são as que apresentam índices de secagem mais baixos. Querendo isto dizer que, baixos índices de secagem correspondem a uma maior facilidade de secagem, o que se coaduna com a maior porosidade das argamassas em causa e também com a rapidez com que absorvem água por capilaridade.

O índice de secagem, I_s , é um parâmetro indicativo da resistência de uma argamassa à difusão de vapor de água. A velocidade inicial de secagem, V_{is} , corresponde por sua vez ao declive da curva de secagem, na fase inicial do ensaio. Para uma melhor análise dos revestimentos por pintura, na *figura 4.7* apresentam-se os resultados obtidos para o índice de secagem dos diferentes sistemas (reboco + pintura) e na *tabela 4.1* os resultados da velocidade inicial de secagem.

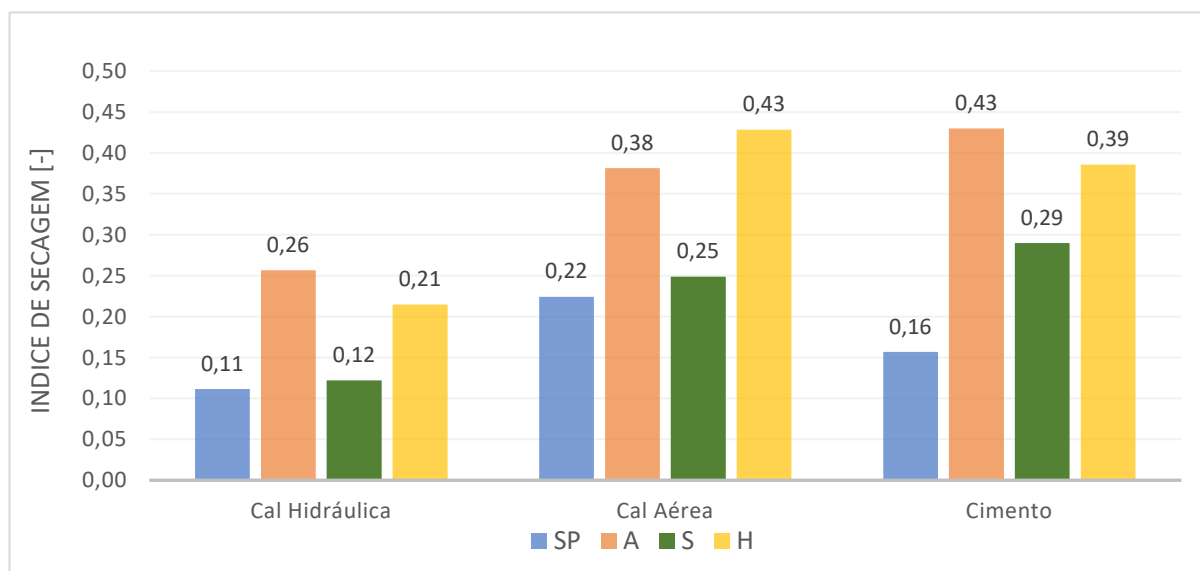


Figura 4. 7 – Índices de secagem nos diferentes sistemas

Tabela 4. 1 - Resultados da velocidade inicial de secagem

Argamassa	Tinta	V_{is} (kg/m ² .h)
Cal Hidráulica	Sem pintura	0,112
	Acrílica	0,074
	Silicatos	0,117
	Hydro-Pliolite	0,110
Cal Aérea	Sem pintura	0,023
	Acrílica	0,012
	Silicatos	0,030
	Hydro-Pliolite	0,011
Cimento	Sem pintura	0,092
	Acrílica	0,045
	Silicatos	0,096
	Hydro-Pliolite	0,069

Pela observação da *figura 4.6a e b*, retira-se que as curvas de secagem referente a provetes pintados com tinta de silicatos, têm um andamento muito semelhante ao dos que não apresentam qualquer pintura. Isto reflete um índice de secagem das argamassas com esta tinta muito próximo do das argamassas sem pintura, querendo isto dizer que este tipo de tintas são as que menos comprometem a secagem do suporte, sendo as mais adequadas para casos de paredes com um elevado teor de água no seu interior.

A análise da tabela 4.1 permite corroborar o que foi acima dito. Relativamente à velocidade inicial de secagem, atendendo aos valores obtidos para este parâmetro, conclui-se que a tinta de silicatos não introduz qualquer dificuldade no que toca à secagem das argamassas, tendo uma velocidade inicial de secagem ainda mais alta que os provetes não pintados para as argamassas de cal hidráulica e cal aérea. Relativamente às duas outras tintas, observa-se que as tintas acrílicas são as que têm uma velocidade de secagem mais lenta, seguindo-se a tinta à base de resinas de Hydro Pliolite que tem valores intermédios entre a acrílica e a de silicatos.

A tinta acrílica, como seria de esperar, é a que apresenta valores de índice de secagem mais elevados, exceptuando quando é aplicada sobre a argamassa de cal aérea. Estas tintas, também conhecidas por tintas plásticas, tomam esse nome pela sua baixa porosidade à difusão de vapor de água, o que infere uma pior e mais demorada cinética de secagem.

Analisando os resultados para a tinta à base resinas de Hydro Pliolite, observa-se que esta tem um comportamento intermédio entre a tinta de silicatos e a tinta acrílica, sendo mais próxima dos valores da tinta plástica, chegando mesmo a ultrapassá-la quando aplicada sobre a argamassa de cal aérea. Brito [9] conclui também que o comportamento destas tintas está entre o suporte sem pintura e

o suporte pintado com tinta plástica, obtendo valores na mesma ordem de grandeza que os do presente estudo. Do mesmo modo, os resultados obtidos por Remédios [26] coadunam-se com os do presente trabalho, na medida em que as tintas de silicatos têm valores próximos dos das argamassas de reboco sem pintura e a tinta acrílica é a que se distancia mais do comportamento desses mesmos provetes, dificultando o mecanismo de secagem.

Comparando de um modo geral, os resultados obtidos neste estudo com os de Brito [9], conclui-se que os dois trabalhos estão em concordância, tomando apenas em conta os resultados da autora para as pinturas aplicadas sobre suporte seco. Tal como no presente estudo, a autora aferiu que as tintas de silicatos são as que menores dificuldades à secagem oferecem, encontrando-se as tintas à base de resinas de Hydro Pliolite e as tintas acrílicas com valores de índice de secagem um pouco mais elevados, mas na mesma ordem de grandeza entre elas. A autora, porém, estudou a aplicação das tintas sobre suportes húmidos e secos, e concluiu que há mudanças de um sistema para o outro. Segundo o seu estudo, as tintas à base de resinas de Hydro Pliolite obtêm melhores resultados quando aplicadas sobre suportes húmidos, ultrapassando em alguns casos os resultados das tintas de silicatos. Concluindo, será mais prudente aferir o teor de água do suporte antes da aplicação de qualquer tipo de tinta com base no seu índice de secagem.

4.3.3 Absorção de água sob baixa pressão

A permeabilidade à água líquida, sob baixa pressão, foi avaliada através do cálculo da quantidade de água absorvida por área de contacto em função do tempo (60 minutos) e também pelo coeficiente de absorção de água correspondente ao mesmo tempo de ensaio. Estes resultados foram obtidos através do ensaio do tubo de *Karsten*. Os resultados apresentados são uma média de 3 provetes por sistema.

O coeficiente de absorção, C_{abs} , deste ensaio pode ser determinado de duas maneiras. Da mesma forma que no ensaio de capilaridade, este coeficiente pode ser obtido através do declive do gráfico de absorção de água pela raiz quadrada do tempo, ou pela via analítica, através da expressão apresentada em 3.7.2.3 (equação 3.5). Neste trabalho optou-se pela via analítica recorrendo então à equação.

Na *figura 4.8* estão representados os gráficos com as curvas de absorção de água, comparativos entre os vários sistemas de pintura e das diferentes argamassas estudadas.

Pela análise da *figura 4.8d*, observa-se claramente que a argamassa de cimento absorve bastante menos água que as argamassas de cal aérea e cal hidráulica, estas com valores muito próximos uma da outra. Durante este ensaio, nenhum dos três provetes de argamassa de cimento sem pintura absorveu os 4ml de água na totalidade, após os 60 minutos, o que se verificou em todos os provetes sem pintura das duas argamassas de cal. Esta razão deve-se mais uma vez ao facto da argamassa cimentícia ser mais compacta, ou seja, menos porosa que as restantes. Também pela

análise do gráfico, e embora o coeficiente de absorção tenha sido calculado pela via analítica, consegue-se observar que a curva da argamassa de cimento tem um declive menos acentuado, o que indica um coeficiente de absorção menor para esta argamassa. Estes resultados estão de acordo com o estudo realizado por Mendonça [46], que analisa uma argamassa de cal hidráulica e uma de cimento, concluindo que a primeira confere uma maior capacidade de absorção (quantidade e rapidez) face à segunda.

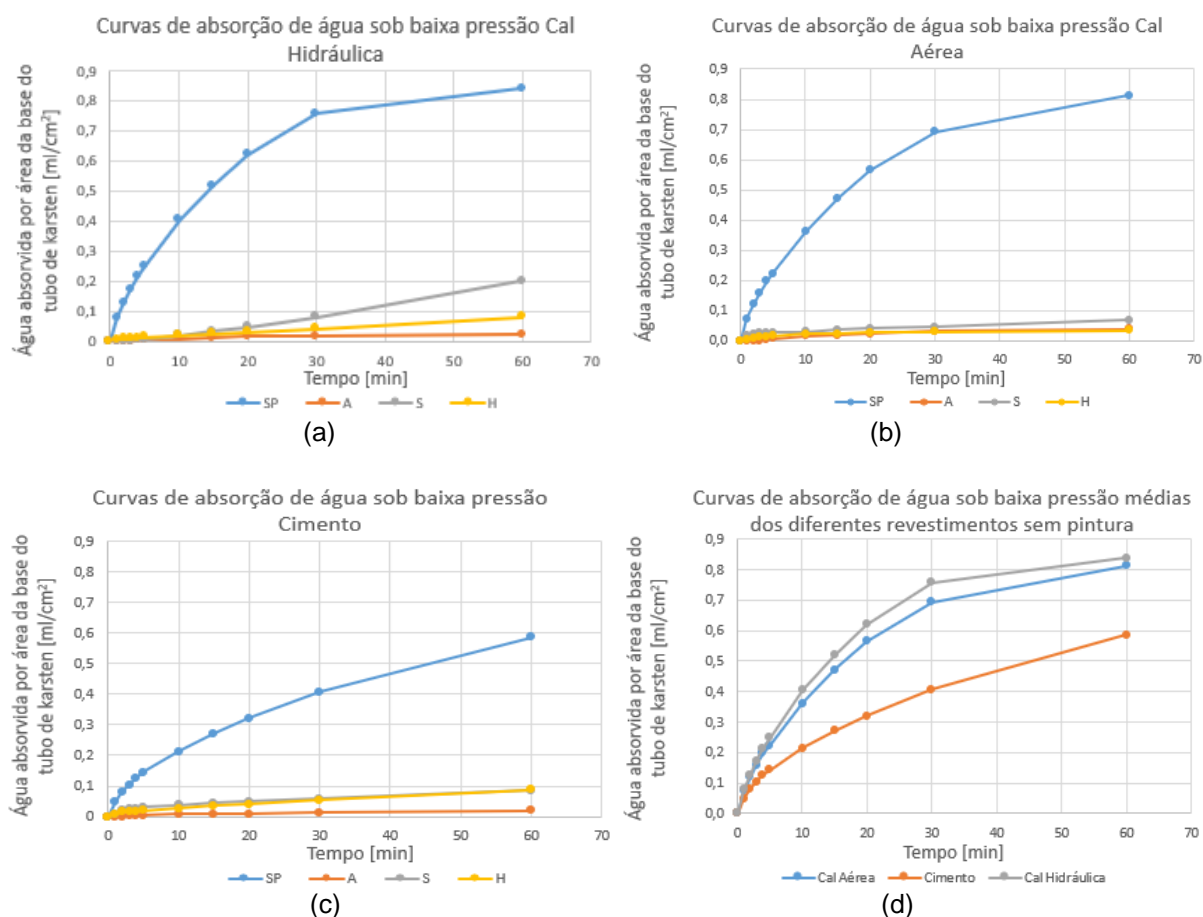


Figura 4. 8 - Curvas de absorção de água resultantes do ensaio: (a) curvas relativas à argamassa de cal hidráulica; (b) curvas relativas à argamassa de cal aérea; (c) curvas relativas à argamassa de cimento; (d) curvas comparativas das diferentes argamassas sem pintura aplicada

De seguida, na figura 4.9, apresenta-se um gráfico comparativo dos coeficientes de absorção para os diferentes sistemas de pintura sobre as diferentes argamassas.

Verifica-se então, que qualquer que seja a natureza do reboco, independentemente do tipo de revestimento por pintura aplicado sobre os mesmos, o coeficiente de absorção e a quantidade de água absorvida pelo suporte, são drasticamente reduzidos em comparação com as argamassas sem qualquer tipo de pintura. Relativamente ao C_{abs} , em média, os decréscimos face às argamassas não pintadas são de 97%, 84% e 88% para as tintas acrílica, silicatos e Hydro Pliolite respetivamente.

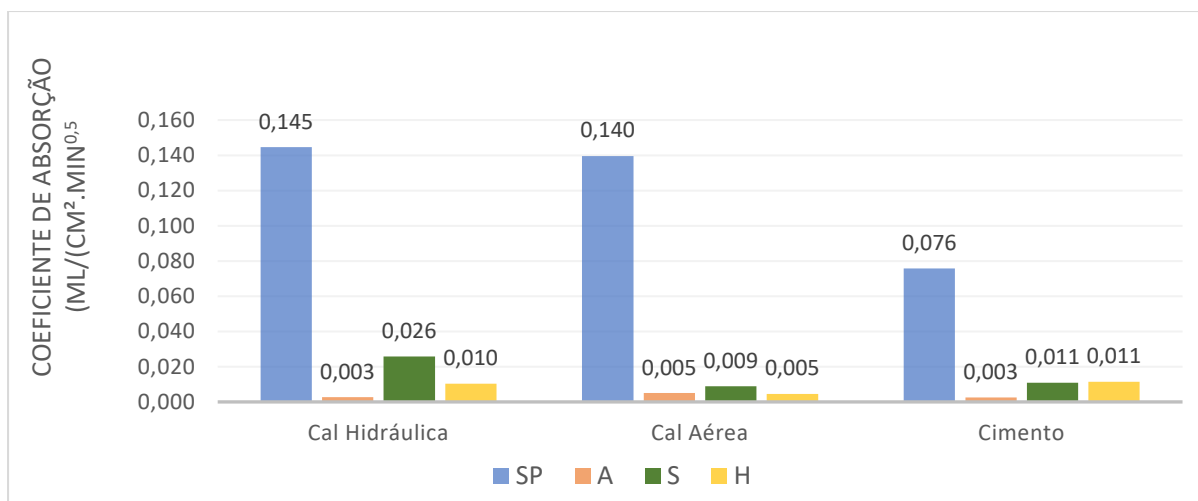


Figura 4. 9 – Coeficiente de absorção de água sob baixa pressão nos diferentes sistemas

Mais uma vez e em concordância com o ensaio de capilaridade, o uso destes revestimentos são uma mais valia no que diz respeito à absorção de água e, portanto, na proteção do suporte. Verifica-se que os resultados dos dois ensaios são em tudo semelhantes.

Através da comparação dos valores obtidos para os diferentes sistemas, conclui-se que, para além de melhorarem o comportamento dos suportes como foi dito anteriormente, todos os tipos de tinta têm valores muito parecidos e, na mesma ordem de grandeza, tal como concluído por Remédios [26] no seu estudo. Realça-se apenas, que a tinta de silicatos, pela sua elevada porosidade, tem uma maior aptidão para absorver água, atingindo valores ligeiramente mais altos que as duas outras tintas, porém a diferença entre elas é praticamente irrisória, tendo em conta o seu comportamento, face ao sistema de referência, sem pintura. Apenas na argamassa de cal hidráulica, a tinta de silicatos atingiu valores de C_{abs} um pouco mais elevados, mas o resultado foi influenciado por um dos provetes desse sistema que deu valores bastante mais elevados que os outros dois. Pode este facto ter a ver com alguma fissuração existente nesse provete, ou a colocação dos tubos de *Karsten* em local fissurado do mesmo.

4.3.4 Permeabilidade ao vapor de água

A permeabilidade ao vapor de água é um indicador que fornece a informação sobre a facilidade de transporte de vapor de água no interior de uma argamassa, neste caso, exemplificando o suporte de uma parede, tendo em conta o tipo de revestimento por pintura aplicado.

Este ensaio, como já foi dito, é um ensaio muito importante para aferir que tipo de tinta tem uma maior permeabilidade ao vapor de água, ou seja, menor resistência à difusão de vapor de água, pretendendo saber qual a facilidade de secagem de todos os sistemas.

Antes da apresentação dos resultados, é importante referir alguns aspetos de ensaio que podem ter afetado ligeiramente os resultados. Como descrito no capítulo anterior, para a realização deste ensaio, visto que os provetes não são normalizados e não existem recipientes estanques com a medida dos mesmos, recorreu-se a caixas plásticas selando-as com silicone.

A duração do ensaio variou de argamassa para argamassa, tendo em conta a sua porosidade. Quanto mais porosa é a argamassa mais rápido os provetes atingem o regime estacionário e com isto o fim do ensaio. Assim, a argamassa de cal hidráulica teve uma duração de ensaio de 15 dias, a argamassa de cal aérea teve a duração de 18 dias e por fim a argamassa de cimento, menos porosa, teve a duração de 23 dias. Ainda dentro da mesma argamassa, os diferentes sistemas de pintura tiveram também influência na duração do ensaio, na medida em que alguns demoraram mais que outros a atingir o regime estacionário. De um modo geral, os sistemas pintados com tinta acrílica foram os que demoram mais tempo a atingir esse regime.

Nas *figuras 4.10 e 4.11*, encontram-se dois gráficos com as diferentes permeabilidades ao vapor de água e camada de ar de difusão equivalente, respetivamente, para os diferentes sistemas.

De referir que os resultados representados são uma média de três provetes por sistema.

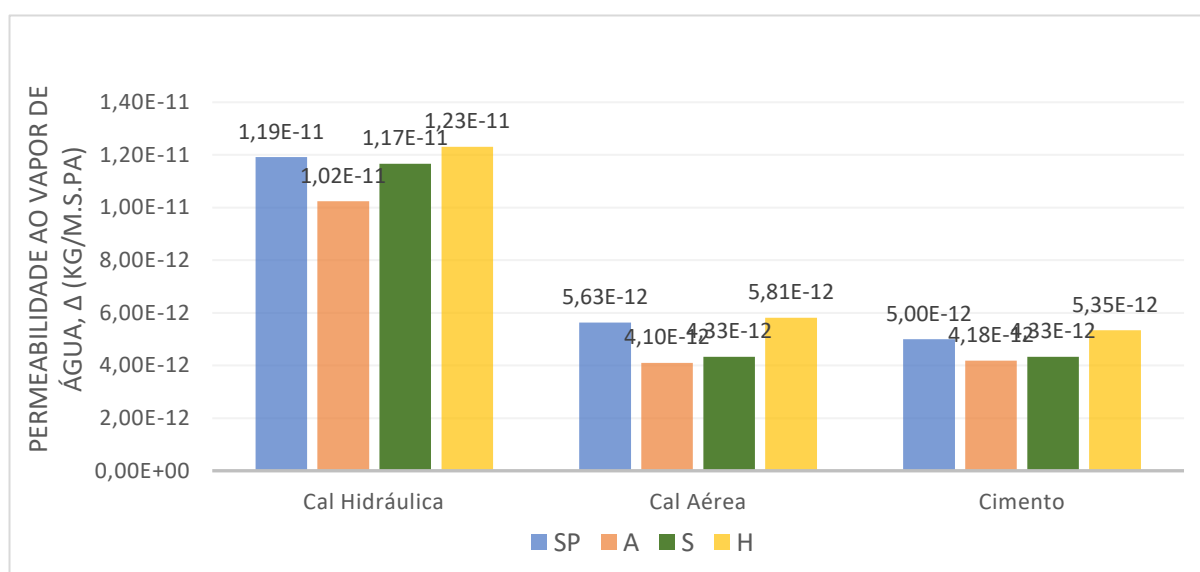


Figura 4. 10 – Coeficiente de permeabilidade ao vapor de água nos diferentes sistemas

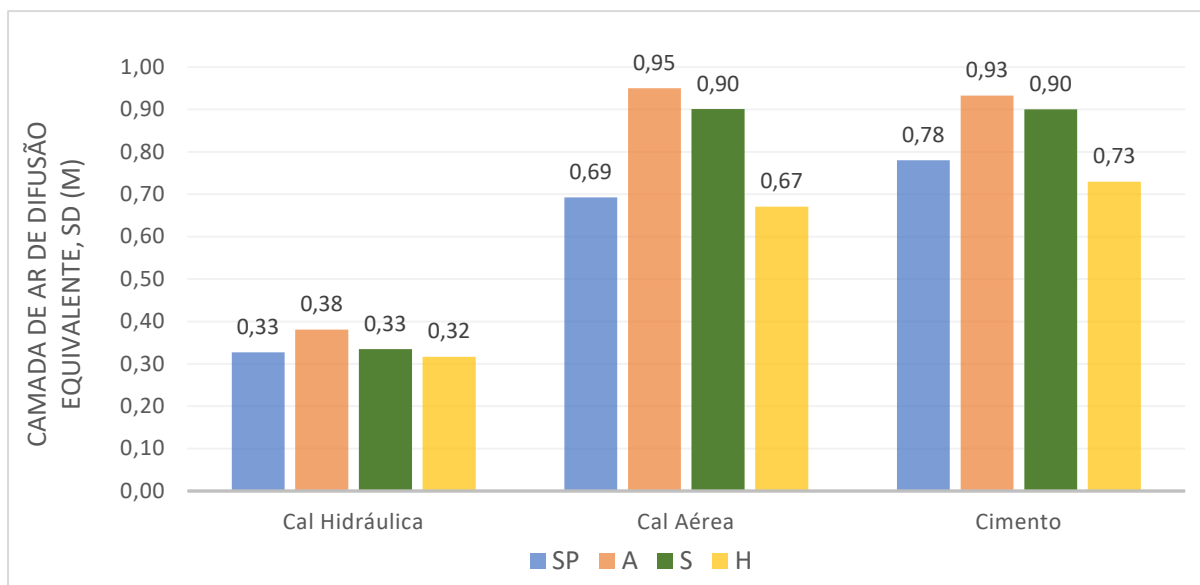


Figura 4. 11 – Espessura da camada de ar de difusão equivalente nos diferentes sistemas

Pela primeira análise dos gráficos, conclui-se que os provetes de argamassa de cal hidráulica são os que apresentam uma maior permeabilidade à difusão de vapor de água, o que indica uma menor camada de ar de difusão equivalente, comparando com as duas outras argamassas. Já os provetes de cal aérea e de cimento, possuem um comportamento muito semelhante entre si, para estes parâmetros. Observa-se que ambas as argamassas têm valores na mesma ordem de grandeza, com ligeiras diferenças, afastando-se do comportamento mais permeável da argamassa de cal hidráulica. Este resultado está em concordância com os resultados do ensaio de secagem, em que a argamassa de cal hidráulica se destaca em relação às outras duas, pela sua melhor cinética de secagem.

Avaliando agora o comportamento dos sistemas de pintura, é facilmente perceptível qual a ordem de permeabilidade entre as três tintas. Como acontece em todas as argamassas, a tinta acrílica é a que tem o pior comportamento à difusão de vapor de água, ou seja, é a que apresenta valores mais baixos para este parâmetro. Novamente este resultado não é de estranhar visto estar em concordância com os restantes ensaios já analisados. Surpreendentemente a tinta de silicatos não tem um comportamento muito diferente da tinta anterior para este ensaio, ao contrário do que foi estudado por Brito [9] ou por Remédios [26], que obtiveram valores (para parâmetros diferentes) bastante díspares para estas duas tintas. Comparando com Brito [9], esta obtém valores entre os 0,57 e 1,13m para a camada de ar de difusão equivalente em tintas de silicatos, onde os valores deste trabalho se encaixam. A grande discrepância de valores advém da tinta acrílica (plástica) em que a autora obtém o valor de 2,42m comparado com o 0,95m no presente estudo. Analisando agora os resultados de Remédios [26], verifica-se a mesma tendência. Ou seja, os valores para o coeficiente de difusão ao vapor de água para as tintas de silicatos estão de acordo com os deste estudo ($4,152 \times 10^{-12}$ vs $4,33 \times 10^{-12}$ kg/m.s.Pa), e novamente a discrepância advém dos valores para a tinta acrílica em que o autor obteve $2,762 \times 10^{-12}$ e no presente estudo $4,10 \times 10^{-12}$ kg/m.s.Pa.

Ainda assim, os três trabalhos estão alinhados, na medida em que a tinta acrílica é aquela que apresenta uma maior resistência à difusão de vapor de água. Comparando agora os resultados de Brito [9] para a tinta de Hydro Pliolite, esta obtém valores de S_d um pouco mais elevados do que os deste trabalho (1,80, 1,16 e 1,08 vs 0,90), sendo esses ligeiramente mais elevados do que os valores das tintas de silicatos. Como se pode observar pelos gráficos anteriores, no presente caso, as tintas de Hydro Pliolite são as que apresentam um melhor comportamento neste ensaio, superando os valores da tinta de silicatos em qualquer que seja a argamassa. A sua aplicação não introduz qualquer inércia em relação à permeabilidade ao vapor de água, sendo esta mais baixa ainda que nos provetes sem pintura.

Dos resultados anteriores, pode-se concluir que nem todas as tintas consideradas adequadas para aplicação em edifícios antigos obtém os melhores resultados em relação à permeabilidade ao vapor de água, contrariamente às indicações dos fabricantes. A tinta de silicatos, que se considera uma tinta com boa permeabilidade ao vapor de água, neste caso não obteve os resultados esperados tal como já foi dito, aproximando-se do comportamento da tinta plástica e não dos provetes sem pintura. Contrariamente, a tinta de resinas de Hydro Pliolite apresenta uma boa permeabilidade ao vapor de água, tendo obtido resultados ainda melhores que os dos provetes de referência (sem pintura), o que se encontra de acordo com as informações técnicas fornecidas pelos fabricantes. A tinta acrílica, neste ensaio, serve um pouco como referência, pois o seu comportamento em relação aos parâmetros analisados é claramente o mais comprometedor, sendo esses resultados já esperados.

Através de toda a análise deste ensaio, conclui-se que as tintas de resinas de Hydro Pliolite seriam uma mais valia em relação à permeabilidade ao vapor de água, aconselhando-se assim a sua aplicação em edifícios antigos.

4.3.4 Síntese de resultados e relação entre parâmetros de medição

A campanha experimental foi elaborada com o intuito de estudar o comportamento das várias tintas sobre os diferentes tipos de suporte selecionados, sendo possível relacionar alguns parâmetros de ensaios.

I. Coeficiente de capilaridade (C_c) vs Coeficiente de absorção de água (C_{abs})

Perante os resultados obtidos para estes dois ensaios (tabela 4.2), é perceptível que ambos estão em concordância relativamente à absorção de água. A argamassa de cal hidráulica é a que toma valores mais altos para ambos os ensaios, oferecendo menor resistência à absorção de água através do revestimento, seguindo-se a cal aérea e por último a argamassa de cimento.

No que diz respeito às tintas, as acrílicas são as que têm melhor comportamento face à absorção de água, quer por capilaridade quer por baixa pressão através do tubo de *Karsten*. Este facto justifica-se precisamente pela baixa porosidade desta tinta em comparação com as restantes. Estas apresentam resultados muito semelhantes em ambos os ensaios, pois a sua porosidade não difere

muito, sendo as duas consideradas tintas porosas. Existe apenas uma ligeira diferença no resultado do C_{abs} , na argamassa de cal hidráulica, já explicada anteriormente, possivelmente por alguma fissuração num dos provetes do sistema cal hidráulica pintado com tinta de silicatos, após o ensaio de absorção por capilaridade.

Tabela 4. 2 - Coeficiente de capilaridade vs coeficiente de absorção de água

Argamassa	Tinta	C_c (kg/m ² .h ^{1/2})	DP	C_{abs} (ml/cm ² .min ^{1/2})	DP
Cal Hidráulica	Sem pintura	0,7946	0,098	0,145	0,016
	Acrílica	0,0586	0,015	0,003	0,001
	Silicatos	0,0898	0,012	0,026	0,012
	Hydro Pliolite	0,0925	0,029	0,010	0,006
Cal Aérea	Sem pintura	0,6277	0,088	0,140	0,023
	Acrílica	0,0568	0,038	0,005	0,001
	Silicatos	0,073	0,004	0,009	0,003
	Hydro Pliolite	0,0677	0,009	0,005	0,0004
Cimento	Sem pintura	0,5422	0,042	0,076	0,007
	Acrílica	0,0296	0,002	0,003	0,001
	Silicatos	0,0537	0,006	0,011	0,0004
	Hydro Pliolite	0,0563	0,005	0,011	0,0004

II. Coeficiente de capilaridade (C_c) vs Velocidade inicial de secagem (V_{is})

Pela análise da *figura 4.12*, conclui-se que estes dois parâmetros de medição podem ser relacionados. Embora as unidades sejam diferentes, no geral os valores têm um comportamento constante para as argamassas de cal hidráulica e cimento, não tendo o mesmo comportamento para a argamassa de cal aérea, daí não estar representado na figura.

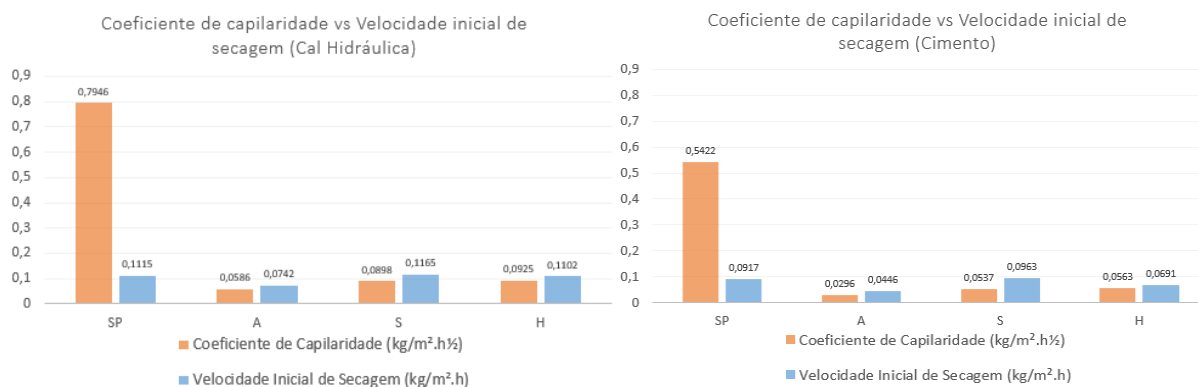


Figura 4. 12 - Comparação do Coeficiente de capilaridade vs Velocidade inicial de secagem para argamassas de cal hidráulica e de cimento

Constata-se que os revestimentos sem pintura têm um comportamento diferente dos revestimentos pintados. Estes absorvem uma grande quantidade de água, e embora tenham uma boa capacidade de secagem, essa capacidade quando comparada com a água absorvida é um ponto fraco das argamassas porosas. Este facto é interessante e é mais uma forma de se entender a importância dos revestimentos por pintura. Ao analisar os provetes sujeitos a este tipo de revestimento, verifica-se que a baixa velocidade de secagem é equilibrada pela baixa absorção de água, o que ajuda a manter a integridade do sistema.

Desta forma, a análise dos gráficos anteriores indica que as tintas de silicatos são as que têm um melhor desempenho face ao rácio absorção/secagem. No entanto quanto menos água o suporte absorver melhor, e nesse ponto a tinta acrílica é a que tem um melhor comportamento visto que é a que absorve menos água. Pode-se então dizer que, para uma construção nova, onde normalmente a água que se encontra no interior do suporte é a água usada na produção das argamassas, a melhor opção seria a tinta acrílica. Já no caso de construções antigas, em que é normal as paredes terem um elevado teor de água no seu interior, a tinta de silicatos ou a tinta de Hydro Pliolite seriam as opções mais indicadas pois a sua velocidade de secagem é maior e o seu índice de secagem menor, ajudando então a parede a expelir a água em excesso no seu interior.

III. Velocidade inicial de secagem ($V_{i,s}$) vs Índice de secagem (I_s)

Com o aumento da velocidade inicial de secagem seria lógico que houvesse uma diminuição do índice de secagem. Isto porque a velocidade de secagem é determinada apenas a partir da primeira fase de uma curva de secagem e o índice de secagem contabiliza todas as fases onde ocorre secagem por difusão, do início ao fim do ensaio. Com isto, um aumento do declive do primeiro troço da conduziria a um menor integral da curva de secagem [43], e portanto um menor índice de secagem. Páscoa [5] sugere uma relação proporcional entre estes dois parâmetros, na medida em que o aumento da velocidade induzisse uma diminuição do índice de secagem. Já Esteves [43] não verificou essa relação para argamassas, apenas para um suporte de pedra de moleanos.

A tabela 4.3 mostra os resultados obtidos neste estudo relativamente a estes dois parâmetros.

Não existe uma relação de proporcionalidade como foi obtida por Páscoa [5] para estes dois parâmetros. No entanto, pela observação da tabela confirma-se que com o aumento do índice de secagem a velocidade inicial da mesma realmente diminui, como seria expectável. Novamente se confirma que a tinta de silicatos é aquela que tem um melhor desempenho no que diz respeito à secagem do suporte, obtendo sempre um índice de secagem inferior e uma velocidade de secagem maior do que a das restantes tintas. Por outro lado, as tintas acrílica e de Hydro Pliolite têm um comportamento semelhante quanto à cinética de secagem.

Tabela 4. 3 - Índice de secagem vs Velocidade inicial de secagem

Argamassa	Tinta	Índice de secagem (-)	Desvio Padrão	Velocidade Inicial de secagem (kg/m ² .h)
Cal Hidráulica	Silicatos	0,12	0,02	0,1165
	Hydro Pliolite	0,21	0,003	0,1102
	Acrílica	0,26	0,01	0,0742
Cimento	Silicatos	0,29	0,01	0,0963
	Hydro Pliolite	0,39	0,01	0,0691
	Acrílica	0,43	0,03	0,0446
Cal Aérea	Silicatos	0,25	0,01	0,0300
	Acrílica	0,38	0,12	0,0121
	Hydro Pliolite	0,43	0,08	0,0110

IV. Índice de secagem (Is) vs Coeficiente de permeabilidade ao vapor de água (δ)

Seria expectável, para um maior índice de secagem, um menor coeficiente de permeabilidade ao vapor de água. Isto é, um suporte que tem uma baixa permeabilidade à difusão de vapor de água deveria ser resistente relativamente à saída de água durante a secagem. Páscoa [5] e Flores-Colen [39] seguem esta tendência, mas avaliando a resistência à difusão do vapor de água e não a permeabilidade ao vapor de água. No entanto, pela tabela 4.4, esta tendência não se confirma assim tão linearmente.

Verifica-se realmente que, em geral, com o aumento do índice de secagem, o coeficiente de permeabilidade ao vapor de água decresce. Como pelo observado no ensaio de permeabilidade ao vapor de água, a tinta de Hydro Pliolite nesse ensaio não segue a tendência do ensaio de secagem, e daí a correlação destes dois parâmetros para a tinta em questão não se verificar. Se não forem considerados os valores dessa tinta, então realmente verifica-se a tendência anteriormente analisada.

Tabela 4. 4 - Índice de secagem vs Coeficiente de permeabilidade ao vapor de água

Argamassa	Tinta	Índice de secagem (-)	Coeficiente de permeabilidade ao vapor de água, x 10^{-11} (kg/m.s.Pa)
Cal Hidráulica	Sem Pintura	0,11	1,19
	Silicatos	0,12	1,17
	Acrílica	0,26	1,02
	Hydro Pliolite	0,21	1,23
Cimento	Sem Pintura	0,16	0,50
	Silicatos	0,29	0,43
	Acrílica	0,43	0,42
	Hydro Pliolite	0,39	0,54
Cal Aérea	Sem Pintura	0,22	0,56
	Silicatos	0,25	0,43
	Acrílica	0,38	0,41
	Hydro Pliolite	0,43	0,58

5 Conclusão e desenvolvimentos futuros

5.1 Conclusões finais

Os revestimentos/acabamentos de paredes, desempenham um papel fundamental na proteção dos edifícios, perante os agentes de degradação, sendo a água o principal deles. Com isto, é então de elevada importância que as características dos substratos e dos revestimentos sejam o mais adequadas possível para um bom desempenho em serviço.

Neste estudo, foram analisados substratos de argamassa de cal hidráulica natural, de cal aérea e de cimento sem qualquer tipo de pintura, tomados como referência, e pintados com três revestimentos por pintura diferentes (tinta acrílica, tinta de silicatos e tinta à base de resinas de Hydro Pliolite).

O objetivo, foi analisar o desempenho destes produtos de pintura face ao comportamento em relação à água. De seguida apresentam-se duas tabelas, a primeira com a síntese de todos os resultados obtidos na campanha experimental e uma segunda com a percentagem de melhoria ou não, que os revestimentos conferiram, para os diferentes ensaios, em relação aos provetes de referência (sem pintura).

Tabela 4. 5 - Síntese dos resultados obtidos na campanha experimental

Argamassa	Tinta	Dureza superficial		Coesão superficial	Absorção de água por capilaridade		Permeabilidade à água sob baixa pressão		Secagem através da superfície de acabamento			Permeabilidade ao vapor de água	
		Ds (Shore A)	DP	Variação de massa (g)	Cc (kg/m ² .min%)	DP	Cabs (ml/cm ² .min%)	DP	Is (-)	DP	Vis (kg/m ² .h)	δ (kg/m.s.Pa)	Sd (m)
Cal Hidráulica	Sem Pintura	87,93	0,82	0,0040	0,795	0,098	0,145	0,016	0,11	0,005	0,112	1,19E-11	0,33
	Acrílica	88,37	0,19	0,0007	0,059	0,015	0,003	0,001	0,26	0,015	0,074	1,02E-11	0,38
	Silicatos	88,50	0,91	0,0010	0,090	0,012	0,026	0,012	0,12	0,003	0,117	1,17E-11	0,33
	Hydro Pliolite	89,61	0,83	0,0007	0,093	0,029	0,010	0,006	0,21	0,011	0,110	1,23E-11	0,32
Cal Aérea	Sem Pintura	83,67	0,33	0,0050	0,628	0,088	0,140	0,023	0,22	0,029	0,023	5,63E-12	0,69
	Acrílica	84,44	1,34	0,0023	0,057	0,038	0,005	0,001	0,38	0,123	0,012	4,10E-12	0,95
	Silicatos	86,33	1,00	0,0023	0,073	0,004	0,009	0,003	0,25	0,007	0,030	4,33E-12	0,90
	Hydro Pliolite	84,09	0,91	0,0013	0,068	0,009	0,005	0,0004	0,43	0,084	0,011	5,81E-12	0,67
Cimento	Sem Pintura	89,13	0,26	0,0040	0,542	0,042	0,076	0,007	0,16	0,003	0,092	5,00E-12	0,78
	Acrílica	90,56	0,51	0,0010	0,030	0,002	0,003	0,001	0,43	0,007	0,045	4,18E-12	0,93
	Silicatos	89,56	0,85	0,0020	0,054	0,006	0,011	0,0004	0,29	0,010	0,096	4,33E-12	0,90
	Hydro Pliolite	89,69	0,54	0,0003	0,056	0,005	0,011	0,0004	0,39	0,026	0,069	5,35E-12	0,73

Legenda: Ds – dureza superficial; DP – desvio padrão; Cc – coeficiente de absorção de água por capilaridade; Cabs – coeficiente de absorção de água sob baixa pressão; Is – índice de secagem; Vis – velocidade inicial de secagem; δ – coeficiente de permeabilidade ao vapor de água; Sd – camada de ar de difusão equivalente

Tabela 4. 6 - Percentagem que os revestimentos por pintura melhoram ou pioram o comportamento face à água do suporte, relativamente aos provetes sem pintura

Argamassa	Tinta	Coefficiente de absorção de água por capilaridade	Secagem através da superfície de acabamento		Permeabilidade à água sob baixa pressão	Permeabilidade ao vapor de água	
		Cc (kg/m ² .min%)	Is (-)	Vis (kg/m ² .h)	Cabs (ml/cm ² .min%)	δ (kg/m.s.Pa)	Sd (m)
Cal Hidráulica	Acrílica	93%	136%	34%	98%	14%	15%
	Silicatos	89%	9%	5%	82%	2%	0%
	Hydro Pliolite	88%	91%	1%	93%	3%	3%
Cal Aérea	Acrílica	91%	73%	48%	96%	27%	38%
	Silicatos	88%	14%	29%	94%	23%	30%
	Hydro Pliolite	89%	96%	52%	96%	3%	3%
Cimento	Acrílica	95%	169%	51%	96%	16%	19%
	Silicatos	90%	81%	5%	86%	13%	15%
	Hydro Pliolite	90%	144%	25%	86%	7%	6%

% que melhorou relativamente ao provete sem pintura	% que piorou relativamente ao provete sem pintura
---	---

Considera-se que, depois dos resultados retirados da campanha experimental e da sua análise, os objetivos inicialmente propostos foram cumpridos. De seguida apresentam-se as principais conclusões deste estudo.

Em relação à caracterização das argamassas de reboco no estado fresco verificou-se que a argamassa de cal hidráulica, para obter o mesmo espalhamento (trabalhabilidade) que a argamassa de cimento, necessita de mais quantidade de água. Este aumento do rácio água/ligante aumenta também a porosidade aberta da argamassa, pois são parâmetros diretamente relacionados. Quanto à argamassa de cal aérea nada se pode concluir em relação a este rácio pois esta argamassa já veio pré doseada em termos de material sólido, não sabendo a massa ou percentagem de ligante existente na mistura. Pela análise da massa volúmica aparente, retira-se que a argamassa de cimento é a que possui maior valor, sendo a argamassa mais compacta das três estudadas. No entanto, a argamassa de cal aérea alcançou um valor mais alto que a de cal hidráulica para este ensaio, o que não é comum. Tal pode ser explicado, pelo facto desta argamassa de cal aérea, ter na sua constituição pó de mármore, que funciona como *filler*, aumentando a sua resistência mecânica e diminuindo a porosidade da mesma.

Já na caracterização mecânica das argamassas, confirma-se que em relação à dureza superficial, a argamassa de cimento é aquela que possui os resultados mais elevados. No entanto, ambas as argamassas de ligantes hidráulicos, têm valores na mesma ordem de grandeza, seguindo-se a argamassa de cal aérea, com menor dureza superficial. No que diz respeito à coesão superficial e erosão por desgaste a seco, novamente as argamassas de ligantes hidráulicos obtiveram os melhores resultados e em tudo idênticos (em ambos os ensaios), em conformidade com o ensaio anterior de dureza, seguindo-se então a argamassa de cal aérea com valores não muito distantes dos das argamassas anteriores.

Quanto ao comportamento dos revestimentos por pintura face à água, foram analisados seis parâmetros:

- Coeficiente de absorção de água por capilaridade
- Velocidade inicial de secagem
- Índice de secagem
- Coeficiente de absorção de água aos 60 minutos
- Coeficiente de permeabilidade ao vapor de água
- Espessura da camada de ar de difusão equivalente

Pela análise conjunta destes parâmetros de ensaio, tudo indica que o facto de se aplicar um revestimento por pintura pode fazer com que o comportamento de um suporte se altere bastante no que diz respeito aos fenómenos de transporte de humidade.

Em relação à absorção de água por capilaridade, verificou-se que a argamassa cimentícia é a que oferece mais resistência à absorção de água. Novamente, este facto é explicado pela maior compacidade desta argamassa em relação às calças. Já a argamassa de cal aérea apresenta valores não muito superiores à anterior, o que se julga justificar-se pela menor porosidade aberta introduzida pelo pó de mármore, diminuindo assim a absorção capilar da argamassa.

A aplicação dos revestimentos por pintura nos provetes de ensaio, permitiu verificar que qualquer que seja a tinta aplicada, a absorção capilar do suporte diminui consideravelmente. Esta característica intrínseca destes produtos é desenvolvida para minimizar a entrada de água da chuva ou proveniente de lavagens das paredes.

Quanto à cinética de secagem, tendo em conta os diferentes suportes, observa-se que a tinta de silicatos é a que tem o melhor desempenho, sendo a tinta que oferece menos inércia ao mecanismo de secagem dos suportes. Já as tintas acrílica e de resinas de Hydro Pliolite têm um comportamento um pouco menos adequado, pelo que oferecem alguma dificuldade à secagem do suporte. Contudo, no âmbito de outro estudo [9] foi analisada a aplicação destas tintas em suportes húmidos e secos (neste estudo apenas foram aplicadas em suportes secos) e concluiu-se que dependendo do teor de água da parede, as tintas de Hydro Pliolite também podem obter resultados tão bons como as de silicatos, benéficos para a preservação do suporte. Com isto, considera-se que, para uma melhor e mais adequada escolha do tipo de tinta a utilizar, seja boa prática saber o teor de água no interior de uma parede. As tintas acrílicas são as que inevitavelmente têm piores resultados neste ensaio, sendo estas, tintas com baixa permeabilidade à difusão de vapor de água.

O ensaio de absorção de água sob baixa pressão, vem em concordância com o ensaio de absorção de água por capilaridade, concluindo-se novamente que qualquer que seja o revestimento por pintura aplicado, a absorção de água pelo suporte reduz de forma muito significativa. A resistência à absorção é, em média, melhorada em 90% em relação aos provetes de referência, para ambos os ensaios. Comparando tinta a tinta, conclui-se que a tinta acrílica é a que oferece maior resistência à absorção de água, quer por capilaridade que sob baixa pressão, por ser a tinta menos permeável das três analisadas. As tintas de Hydro Pliolite e de silicatos têm comportamentos muito idênticos no que se refere à absorção de água, sendo que a primeira obteve resultados ligeiramente mais favoráveis que a segunda, mas sem grandes disparidades entre elas.

Quanto ao ensaio de permeabilidade ao vapor de água, há valores que não se coadunam com o ensaio de secagem. Supondo-se que seja a argamassa com maior porosidade aberta, é então espectável que neste ensaio a argamassa de cal hidráulica seja a que atinge o regime estacionário mais rapidamente, tal como se verifica. Seguem-se as argamassas de cal aérea e de cimento, que como vimos anteriormente são menos porosas que a anterior, demorando por isso mais tempo a atingir o regime estacionário. A grande diferença entre este ensaio e o de secagem, advém dos resultados para a tinta de silicatos e de Hydro Pliolite. Ou seja, a tinta de silicatos que tinha obtido os valores mais baixos para o índice de secagem, muito perto dos provetes de referência, revelando uma boa cinética de secagem, neste ensaio revelaram uma baixa permeabilidade ao vapor de água, bastante mais perto dos valores da tinta acrílica. Por outro lado, a tinta de resinas de Hydro Pliolite apresenta resultados bastante mais satisfatórios para este ensaio, ao contrário dos obtidos no ensaio de secagem, obtendo valores na mesma ordem que os provetes sem pintura.

Os principais problemas provenientes de uma má escolha ou aplicação dos revestimentos por pintura são maioritariamente os destacamentos, empolamentos ou a formação de bolhas. Deve por isso haver uma cuidada seleção do tipo de revestimento a aplicar por fim a minimizar ou extinguir a ocorrência destas anomalias.

Fazendo uma análise geral de todos os parâmetros analisados, entende-se que não existe um revestimento por pintura melhor que os outros. Cada um deles tem características melhores e piores que os outros, que são mais ou menos adequadas dependendo do tipo de suporte, do local onde vão ser aplicados e do fim a que se destinam. Conclui-se ainda que, para edifícios antigos com paredes de elevada espessura e com elevado teor de água no seu interior, os revestimentos por pintura mais indicados seriam uma tinta de silicatos ou de Hydro Pliolite, que promovem uma boa secagem do suporte. Já no caso de construções novas, em que a água presente no interior das paredes é diminuta e provém, geralmente, apenas da água utilizada para a formulação das argamassas, considera-se que a melhor solução seria optar por uma tinta acrílica, pois a secagem não é um fator condicionante e a absorção capilar que promovem é quase nula.

Durante o desenvolvimento da campanha experimental observou-se também ser possível melhorar alguns aspetos relativos a alguns ensaios, permitindo dessa forma obter melhores resultados. Como já foi dito em 4.3.4, no ensaio de permeabilidade ao vapor de água, o silicone utilizado para selar as caixas plásticas sofreu uma retração considerável, podendo ter deixado passar algum vapor de água pela junta da caixa com a tampa, o que pode ter alterado alguns resultados. No ensaio de secagem, depois dos provetes estarem saturados pelo ensaio de capilaridade, estes foram sujeitos a aplicação de película aderente por forma a promover um fluxo unidirecional pela superfície de acabamento. Durante a aplicação da película, o provete já está a perder massa por evaporação, e esta não foi contabilizada pois a massa do conjunto só foi medida depois da aplicação da película. Embora este tempo tenha sido bastante reduzido e talvez não tenha afetado os resultados finais do ensaio, considera-se importante comentar a ligeira dificuldade no arranque deste ensaio.

Por último, é de salientar que no fim da campanha experimental deste trabalho, os provetes de argamassa de cal hidráulica revestidos por tinta à base de resinas de Hydro Pliolite apresentavam uma cor mais amarelada. Houve por isso, ao longo dos 4 meses da campanha, fenómenos de degradação ou envelhecimento do revestimento. Seria benéfico, em estudos futuros, analisar o comportamento face ao envelhecimento destes revestimentos.

5.2 Sugestão de desenvolvimentos futuros

Neste trabalho não foi possível avaliar todos os revestimentos por pintura que se consideram relevantes analisar, bem como cobrir todos os ensaios que podem ainda ser realizados sobre os mesmos.

Há também, como foi dito anteriormente, uma discrepância de valores entre duas tintas em dois ensaios que, normalmente, seriam complementares (ensaio de secagem e de permeabilidade ao vapor de água). Como o factor tempo não permitiu tirar mais conclusões sobre a discrepância destes valores no presente trabalho, considera-se importante e relevante que futuramente esta problemática seja abordada novamente.

Neste âmbito, de seguida apresentam-se algumas sugestões para trabalhos futuros que seriam importantes para complementar o trabalho de investigação desenvolvido:

- Estudar o comportamento de outros tipos de revestimento de pintura relativamente à temática apresentada, considerando que a indústria das tintas está em constante inovação. Alargar o estudo a outro tipo de tintas acrílicas, por exemplo com adições de resinas de silicones ou com copolímeros estireno, a outro tipo de tintas de resinas à base de Hydro Pliolite (de base solvente), a tintas vinílicas, etc.
- Analisar o desempenho destes revestimentos tendo em conta a sua textura de acabamento (lisas ou texturadas) e a sua cor. Não só estudando o seu comportamento face a fenómenos de humedificação mas também para um correto desempenho na proteção do suporte para outros agentes de degradação.
- Alargar o estudo destes revestimentos sobre outro tipo de suportes, por exemplo de argamassas bastardas.
- Avaliar outros parâmetros laboratoriais relevantes como o envelhecimento e a capacidade de desenvolvimento de fungos ou algas neste tipo de revestimentos.
- Abordar a problemática da discrepância de valores entre o ensaio de secagem e de permeabilidade ao vapor de água, no que diz respeito aos valores para tintas de silicatos e de resinas de Hydro Pliolite, por forma a retirar conclusões sobre os resultados obtidos neste trabalho.

Referências Bibliográficas

- 1 EUSÉBIO, M. Isabel; RODRIGUES, M. Paula (2005) – Anomalias em pinturas de paramentos exteriores e interiores de paredes de alvenaria e respetivas soluções de reparação. Cadernos Edifícios 05. Lisboa: LNEC.
- 2 EMO (2013) – “EMOdico – Dicionário Técnico” – European Mortar Industry Organization. APFAC 3ª Edição
- 3 TRIGO, Tiago (2014) – Caracterização e avaliação de argamassas de reboco e camada de base com ligante PC e CSA. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Lisboa. IST.
- 4 PENAS, Filipa (2008) – Argamassas de Cal Hidráulica para Revestimentos de Paredes. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Lisboa. IST.
- 5 PÁSCOA, Liliana (2012) – Índice de secagem como parâmetro em serviço dos rebocos aplicados em paredes exteriores. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Lisboa. IST.
- 6 RODRIGUES, Maria Paulina (1993) – Revestimentos de impermeabilização de paredes à base de ligantes minerais. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Lisboa. IST.
- 7 Regulamento (EU) nº 305/2001 – Condições harmonizadas para a comercialização dos produtos de construção. Parlamento Europeu e do Conselho.
- 8 GOMES, Augusto; PINTO, Ana Paula; PINTO, João (2013) – Gesso e Cal de Construção. Caderno de Materiais de Construção. Lisboa: IST.
- 9 BRITO, Vânia (2009) – Influência dos Revestimentos por Pintura na Secagem do Suporte. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Lisboa. FCT UNL.
- 10 COWPE, A.D (1954) – What one should know about lime plaster. Translated from German “Was man uber kalkputze wissen muss”. Building Research station, Library Communication nº 541. Garston.
- 11 ALMEIDA, José Luís (2010) – Argamassas tradicionais e industriais de alvenaria em edifícios. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Porto. FEUP.
- 12 NP EN 459-1:2011 – Cal de construção. Parte 1: Definições especificações e critérios de conformidade.
- 13 BARBOSA, Teresa (2013) – Comportamento de Argamassas de Cal Aérea ao Traço 1:2 com incorporação de Resíduos Cerâmicos. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Coimbra. FCT UC.
- 14 CALLEBAUT, K; ELSEN, J; BALEN, K; VIAENE, W (2001) – Nineteenth century hydraulic restoration mortars in the Saint Michael’s Church (Leuven, Belgium) Natural hydraulic lime or cement?. In Cement and Concrete Research 31, 397-403.
- 15 VEIGA, M. Rosário; CARVALHO, Fernanda R. (1994) – Argamassas de revestimento na reabilitação do património urbano. Em 2º ENCORE, Encontro sobre a conservação e reabilitação de Edifícios, Comunicações. Lisboa, LNEC, Junho/Julho de 1994. Vol. I, pp. 195-206.

- 16 NP EN 197-1:2012 – Cimento. Parte 1: Composição, especificação e critérios de conformidade para cimentos correntes. Lisboa. IPQ
- 17 SABBIONI, C; BONAZZA, A; ZAPPIA, G (2002) – Damage on hydraulic mortars: the Venice Arsenal. *Journal of Cultural Heritage* 3, pp. 83-88.
- 18 ROCHA, Ricardo (2007) – Características das argamassas. Itajaí. UNIVALI.
- 19 GOMES, Augusto; PINTO, Ana Paula; PINTO, João (2013) – Cimento Portland e Adições. *Caderno de Materiais de Construção*. Lisboa: IST.
- 20 ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE TINTAS - <http://www.ap tintas.pt> – Consultado em 4 de Fevereiro de 2019.
- 21 NOGUEIRA, José Luís (2008) - Noções Básicas de Tintas e Vernizes. Porto: ARCP – Associação Rede de Competências em Polímeros.
- 22 “El color inventado por los Mayas que cambió la historia del arte” - <https://culturacolectiva.com/arte/color-inventado-azul-maya-historia-del-arte> - Consultado em 12 de Fevereiro de 2019.
- 23 EUSÉBIO, M. Isabel; RODRIGUES, M. Paula (2004) – Produtos de pintura na construção civil. Constituição e utilização. *Cadernos Edifícios* 03. Lisboa: LNEC.
- 24 MARQUES, Francisco (2013) – Tecnologias de aplicação de pinturas e patologias em paredes de alvenaria e elementos de betão. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Lisboa. IST.
- 25 EUSÉBIO, M. Isabel; RODRIGUES, M. Paula (2005) – Patologia de revestimentos de pintura de edifícios e esquemas de pintura adequados. Lisboa: LNEC.
- 26 REMÉDIOS, Nuno (2016) – Avaliação do desempenho de sistemas de acabamento de rebocos à base de cal para edifícios antigos. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Lisboa. FCT UNL.
- 27 ISO 4618:2014 – Paints and varnishes – Terms and definitions. ISO.
- 28 AMARO, Mariana (2007) – Estudo comparativo de tintas para fachadas. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Química. Lisboa. IST.
- 29 DRDÁCKY, M; LESÁK, J; NIEDOBA, K; VALACH, J (2014) – Peeling tests for assessing the cohesion and consolidation characteristics of mortar and render surfaces. *Materials and Structures*, Volume 48. 1947-1963. Doi: 10.1617/s11527-14-0285-8.
- 30 GETTWERT, G; RIEBER, W; BONARIUS, J (1998) – One-component silicate binder systems for coatings. In *Focus, Surface Coating International*. Volume 81. Boston: Springer Boston. ISBN: 1476-48651356-0751.
- 31 GIL, Sara (2013) – Criação de uma base de dados destinada à formulação automática de cores para uma tinta de fachadas, aquosa e de formulação genérica, com uma gama nova de pastas corantes de base aquosa. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Lisboa. FCT UNL.
- 32 NOGUEIRA, José Luís (2008) – Noções básicas de tintas e vernizes. Porto: ARCP – Associação Rede de Competências em Polímeros.

- 33 MATOS, Marina (2008) – Estudo da incorporação de estearatos em tintas de forma a aumentar a sua impermeabilidade à água. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Bragança. IPB
- 34 RIBEIRO, A; MARQUES. M. Isabel (2002) – Tintas inorgânicas: tintas de cal e silicatos. Cadernos de edifícios nº 2. Lisboa: LNEC.
- 35 APICER (2003) – Manual de aplicação de revestimentos cerâmicos, Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro, Coimbra.
- 36 ENGINEER MANUAL (1995) – Painting: New construction and maintenance. Washington DC: Department of the Army, U.S. Army Corps of Engineers. Engineering and Design. EM 1110-2-3400.
- 37 FARIA, Paulina; SANTOS, Tânia.; AUBERT, J. E. (2016) – Experimental characterization of an earth eco-efficient plastering mortar. Journal of Materials in Civil Engineering, Volume 28. Doi: 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001363.
- 38 SANTOS, Tânia; FARIA, Paulina; SILVA, António S (2016) – Avaliação *in situ* do comportamento de rebocos exteriores de argamassas de terra com baixas adições de cais. Em Conservar Património 26 (2017) pág. 11-21. Associação Profissional de Conservadores-Restauradores de Portugal.
- 39 FLORES-COLEN, Inês (2009) – Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção predictiva. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Porto. FEUP UP.
- 40 RODRIGUES, M. Paulina (2004) – Argamassas de revestimento para alvenarias antigas. Contribuição para o estudo da influência dos ligantes. Dissertação para a obtenção do Grau de Doutor em Engenharia Civil. Lisboa. FCT UNL.
- 41 VEIGA, Maria do R; TAVARES, Martha (2002) – Características das paredes antigas. Requisitos dos revestimentos por pintura. Actas do Encontro – A indústria das tintas no início do século XXI. Lisboa. APTETI.
- 42 PEREIRA, T. André (2008) – Optimização das características de humedecimento e secagem das argamassas. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Lisboa. FCT UNL.
- 43 ESTEVES, Carlos (2014) – O comportamento de hidrófugos de superfície em revestimentos exteriores. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Lisboa. IST.
- 44 SEQUEIRA, Ana C.; FRADE, Dina; GONÇALVES, Paulo (2007) – Cal hidráulica – Um ligante para a reabilitação. Secil. 2º Congresso nacional de argamassas de construção. Lisboa, APFAC.
- 45 FERREIRA, Ana (2013) – Argamassas industriais para rebocos de edifícios antigos – Comportamento face à acção de sais solúveis. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Lisboa. IST.
- 46 MENDONÇA, Bruno (2007) – Estudo do desempenho das argamassas hidráulicas – Influencia do ligante. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil. Lisboa. IST.
- 47 EN 1015-3: 1999/A2:2006 – Methods of test for mortar for masonry – Part 3: Determination of consistence of fresh mortar (by flow table). Brussels CEN.

- 48** EN 1015-6: 1998/A1:2006 – Methods of test for mortar for masonry – Part 6: Determination of bulk density of fresh mortar. Brussels CEN.
- 49** ASTM D2240 (2015) – Standard test method for rubber property – Durometer hardness. ASTM International: West Conshohocken, PA, USA.
- 50** EN 1015-18: 2002 – Methods of test for mortar for masonry – Part 18: Determination of water absorption coefficient due to capillary action of hardened mortar. Brussels CEN.
- 51** EN 16322: 2013 – Conservation of cultural heritage – Test methods – Determination of drying properties. Brussels CEN.
- 52** EN 16302: 2013 – Conservation of cultural heritage – Teste methods – Measurement of water absorption by pipe method. Brussels CEN.
- 53** DIN 18947: 2013 – Earth plasters – Terms and definitions, requirements, test methods. Berlin.
- 54** NP EN 1015-19: 2008 – Métodos de ensaio de argamassas para alvenaria – Parte 19: Determinação de permeabilidade ao vapor de água de argamassas de reboco endurecidas. Lisboa IPQ.

Anexo I – Resultados individuais dos ensaios realizados aos provetes no estado endurecido

Tabela I. 1 - Dureza superficial em argamassa de cal hidráulica

Provetes		Medição (Shore A)	Média (Shore A)	Média sistema (Shore A)	Desvio padrão	Provetes		Medição (Shore A)	Média (Shore A)	Média sistema (Shore A)	Desvio padrão				
SP	SP-1	91	88,00	87,93	0,82	S	S-1	83	87,72	88,50	0,91				
		86						95							
		90						82							
		91						82							
		85						94							
		82						88							
		91						87							
		91						88,5							
		85						90							
	SP-2	92	86,89				87,93	0,82	S-2			93	88,00	88,50	0,91
		87										93			
		80										82			
		86										87			
		86										83			
		88										88			
		83										87			
		92										90			
		88										89			
	SP-3	91,5	88,89				87,93	0,82	S-3			93	89,78	88,50	0,91
		84										89			
		84										90			
		92										90			
		89										89			
		86										88			
		91,5										92			
		90										87			
		92										90			
A	A-1	89	88,56	88,37	0,19	H	H-1	87,5	90,06	89,61	0,83				
		86						91							
		89						91							
		90						83							
		85						88							
		92						92							
		86						97							
		91						95							
		89						86							
	A-2	84	88,11				88,37	0,19	H-2			88	90,33	89,61	0,83
		88										88			
		87										91			
		85										94			
		91										91			
		93										93			
		86										88			
		90										92			
		89										88			
	A-3	88	88,44				88,37	0,19	H-3			85	88,44	89,61	0,83
		85										92			
		82										86			
		94										89			
		86										89			
		92										87			
		89										90			
		87										89			
		93										89			

Tabela I. 2 - Dureza superficial em argamassa de cal Aérea

Provetes		Medição (Shore A)	Média (Shore A)	Média sistema (Shore A)	Desvio padrão	Provetes		Medição (Shore A)	Média (Shore A)	Média sistema (Shore A)	Desvio padrão			
SP	SP-1	88	83,78	83,67	0,33	S	S-1	89,5	87,61	86,33	1,00			
		82,5						83						
		88						91						
		86						86						
		86						87						
		81						89						
		79,5						92						
		78						91						
		85						80						
	SP-2	85	83,22				83,67	0,33	S			S-2	91	85,17
		85,5											89,5	
		85,5											88	
		80											77	
		83											89	
		89											78	
		79											83	
		80											83	
		82											88	
	SP-3	90	84,00				83,67	0,33	S			S-3	83	86,22
		82											85	
		84											86	
		78											87	
		81											86	
		89											86	
		86											88	
		88											88	
		78											87	
A	A-1	82	82,56	84,44	1,34	H	H-1	83	84,17					
		81						80						
		79						88						
		83						79						
		86						83						
		82						79,5						
		82,5						83						
		87,5						90						
		80						92						
	A-2	81	85,44				84,44	1,34	H	H-2	84	82,94		
		89									84,5			
		91									81			
		89									81			
		83									77			
		84									89			
		80									79			
		89									88			
		83									83			
	A-3	79	85,33				84,44	1,34	H	H-3	84	85,17		
		88									88			
		84									84			
		88									83			
		89									92			
		90									84			
		78									81			
		88									88,5			
		84									82			

Tabela I. 3 - Dureza superficial em argamassa de cimento

Provetes		Medição (Shore A)	Média (Shore A)	Média sistema (Shore A)	Desvio padrão	Provetes		Medição (Shore A)	Média (Shore A)	Média sistema (Shore A)	Desvio padrão															
SP	SP-1	88	88,78	89,13	0,26	S	S-1	86	89,89	89,56	0,85															
		90						89																		
		88						90																		
		92						88																		
		93						88																		
		86						92																		
		87						95																		
		88						90																		
		87						91																		
	SP-2	85	89,22				90	87	89			91	93	90,5	95	89	89									
		93																								
		91																								
		85																								
		91																								
		86																								
		89																								
	SP-3	91	89,39															89,5	88	89	87	89	87	90	88	88
		92																								
90,5																										
92,5																										
93																										
88																										
90																										
A	A-1	85	91,22	90,56	0,51	H	H-1	87	90,33	89,69	0,54															
		90						88																		
		92						89																		
		89						89																		
		89						91																		
		95						92																		
	A-2	90	90,44				87	90	89,72			89	97	91	88	89										
		94															87									
		89															90									
		93															89									
		87															85									
		91															93									
A-3	95	90,00	94	86	86	92	87	89	90	88	89															
	93,5																									
	87																									
	91																									
	90,5																									
	88																									
	89																									
	92																									
H	H-2	95	89,00	86	92	87	89	90	88	89																
		86																								
		89																								
		92																								
		95																								
		88																								
		90																								
		89																								

Tabela I. 4 - Coesão superficial em argamassa de cal hidráulica

Provete	Massa inicial (g)	Massa final (g)	Variação (g)	Média (g)	DP	% variação de massa
SP-1	0,323	0,325	0,002	0,0040	0,0016	0,00043%
SP-2	0,316	0,32	0,004			
SP-3	0,309	0,315	0,006			
A-1	0,309	0,311	0,002	0,0007	0,0009	0,00007%
A-2	0,309	0,309	0			
A-3	0,311	0,311	0			
S-1	0,307	0,309	0,002	0,0010	0,0008	0,00011%
S-2	0,308	0,309	0,001			
S-3	0,329	0,329	0			
H-1	0,315	0,316	0,001	0,0007	0,0005	0,00007%
H-2	0,324	0,325	0,001			
H-3	0,308	0,308	0			

Tabela I. 5 - Coesão superficial em argamassa de cal aérea

Provete	Massa inicial (g)	Massa final (g)	Variação (g)	Média (g)	DP	% variação de massa
SP-1	0,306	0,31	0,004	0,0050	0,0008	0,00056%
SP-2	0,311	0,316	0,005			
SP-3	0,307	0,313	0,006			
A-1	0,304	0,307	0,003	0,0023	0,0005	0,00025%
A-2	0,308	0,31	0,002			
A-3	0,308	0,31	0,002			
S-1	0,323	0,325	0,002	0,0023	0,0005	0,00026%
S-2	0,312	0,315	0,003			
S-3	0,309	0,311	0,002			
H-1	0,309	0,31	0,001	0,0013	0,0005	0,00015%
H-2	0,302	0,303	0,001			
H-3	0,308	0,31	0,002			

Tabela I. 6 - Coesão superficial em argamassa de cimento

Provete	Massa inicial (g)	Massa final (g)	Variação (g)	Média (g)	DP	% variação de massa
SP-1	0,310	0,313	0,003	0,0040	0,0029	0,00042%
SP-2	0,316	0,317	0,001			
SP-3	0,302	0,31	0,008			
A-1	0,317	0,318	0,001	0,0000	0,00141	0,00000%
A-2	0,302	0,300	-0,002			
A-3	0,313	0,314	0,001			
S-1	0,308	0,309	0,001	0,0020	0,0014	0,00021%
S-2	0,31	0,311	0,001			
S-3	0,298	0,302	0,004			
H-1	0,305	0,305	0	0,0003	0,0005	0,00003%
H-2	0,302	0,302	0			
H-3	0,308	0,309	0,001			

Tabela I. 7 – Erosão por desgaste em argamassa de cal hidráulica

Provete	Massa inicial (g)	Massa final (g)	Média m inicial (g)	Varição de massa (g)	Média (g)	Média sistema (g)	DP	%variação
SP-1	935,742	935,438	932,54	0,304	0,212	0,328	0,110	0,023%
	935,438	935,318		0,12				
SP-2	910,955	910,528		0,427	0,476			
	910,528	910,003		0,525				
SP-3	951,422	951,184		0,238	0,296			
	951,184	950,831		0,353				
A-1	965,257	965,201	944,86	0,056	0,048	0,044	0,005	0,005%
	965,201	965,161		0,04				
A-2	923,878	923,82		0,058	0,047			
	923,82	923,785		0,035				
A-3	945,498	945,481		0,017	0,037			
	945,481	945,425		0,056				
S-1	934,188	934,144	947,66	0,044	0,053	0,046	0,009	0,006%
	934,144	934,083		0,061				
S-2	943,461	943,406		0,055	0,052			
	943,406	943,357		0,049				
S-3	965,401	965,365		0,036	0,033			
	965,365	965,335		0,03				
H-1	940,317	940,314	940,37	0,003	0,005	0,007	0,002	0,001%
	940,314	940,307		0,007				
H-2	954,793	954,786		0,007	0,005			
	954,786	954,782		0,004				
H-3	926,26	926,243		0,017	0,009			
	925,771	925,769		0,002				

Tabela I. 8 - Erosão por desgaste em argamassa de cal aérea

Provete	Massa inicial (g)	Massa final (g)	Média m inicial (g)	Varição de massa (g)	Média (g)	Média sistema (g)	DP	%variação
SP-1	913,902	909,882	887,53	4,02	3,552	3,993	0,970	0,450%
	909,882	906,798		3,084				
SP-2	863,11	858,127		4,983	5,338			
	858,127	852,435		5,692				
SP-3	891,659	888,485		3,174	3,088			
	888,485	885,483		3,002				
A-1	926,435	926,242	916,63	0,193	0,204	0,598	0,629	0,065%
	926,242	926,027		0,215				
A-2	910,834	910,723		0,111	0,104			
	910,723	910,626		0,097				
A-3	913,988	911,557		2,431	1,485			
	911,557	911,018		0,539				
S-1	881,591	880,338	887,23	1,253	0,889	0,448	0,327	0,051%
	880,338	879,812		0,526				
S-2	893,274	893,205		0,069	0,107			
	893,205	893,06		0,145				
S-3	887,693	887,271		0,422	0,349			
	887,271	886,996		0,275				
H-1	917,578	917,278	918,37	0,3	0,332	0,394	0,094	0,043%
	917,278	916,914		0,364				
H-2	903,453	903,129		0,324	0,526			
	903,129	902,401		0,728				
H-3	934,566	934,222		0,344	0,324			
	934,222	933,919		0,303				

Tabela I. 9 - Erosão por desgaste em argamassa de cimento

Provete	Massa inicial (g)	Massa final (g)	Média m inicial (g)	Variação de massa (g)	Média (g)	Média sistema (g)	DP	%variação
SP-1	942,133	941,894	951,03	0,239	0,295	0,203	0,067	0,021%
	941,894	941,543		0,351				
SP-2	976,267	976,088		0,179	0,176			
	976,088	975,915		0,173				
SP-3	934,981	934,811		0,17	0,137			
	934,811	934,707		0,104				
A-1	930,029	929,944	946,55	0,085	0,074	0,043	0,021	0,005%
	929,944	929,882		0,062				
A-2	967,136	967,104		0,032	0,025			
	967,104	967,086		0,018				
A-3	942,577	942,533		0,044	0,032			
	942,533	942,513		0,02				
S-1	960,335	960,254	974,78	0,081	0,054	0,046	0,009	0,005%
	960,254	960,227		0,027				
S-2	964,091	964,037		0,054	0,050			
	964,037	963,991		0,046				
S-3	999,998	999,959		0,039	0,033			
	999,959	999,932		0,027				
H-1	963,975	963,913	971,84	0,062	0,039	0,038	0,003	0,004%
	963,913	963,897		0,016				
H-2	987,766	987,721		0,045	0,041			
	987,721	987,685		0,036				
H-3	963,839	963,797		0,042	0,034			
	963,797	963,771		0,026				

Tabela I. 10 - Absorção de água por capilaridade em argamassa de cimento

Argamassa	Provete	Coefficiente de Capilaridade individual ($\text{kg/m}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$) (Gráfico)	Coefficiente de Capilaridade médio ($\text{kg/m}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$) (Gráfico)	Desvio Padrão	R ²
SP	SP1	0,5672	0,5423	0,042	0,9198
	SP2	0,5765			
	SP3	0,4831			
A	A1	0,0304	0,0296	0,004	0,9849
	A2	0,0346			
	A3	0,0237			
SP	S1	0,0472	0,0537	0,006	0,9898
	S2	0,0521			
	S3	0,0618			
H	H1	0,0598	0,0563	0,005	0,9804
	H2	0,0486			
	H3	0,0605			

Tabela I. 11 – Absorção de água por capilaridade em argamassa de cal hidráulica

Argamassa	Provete	Coefficiente de Capilaridade individual ($\text{kg/m}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$) (Gráfico)	Coefficiente de Capilaridade médio ($\text{kg/m}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$) (Gráfico)	Desvio Padrão	R ²
SP	SP1	0,7826	0,7946	0,098	0,8583
	SP2	0,6804			
	SP3	0,9207			
A	A1	0,041	0,0586	0,015	0,9992
	A2	0,078			
	A3	0,0567			
SP	S1	0,0961	0,0898	0,012	0,9748
	S2	0,0734			
	S3	0,100			
H	H1	0,0728	0,0925	0,029	0,9888
	H2	0,071			
	H3	0,1337			

Tabela I. 12 – Absorção de água por capilaridade em argamassa de cal aérea

Argamassa	Provete	Coefficiente de Capilaridade individual ($\text{kg/m}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$) (Gráfico)	Coefficiente de Capilaridade médio ($\text{kg/m}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$) (Gráfico)	Desvio Padrão	R ²
SP	SP1	0,6982	0,6278	0,088	0,8911
	SP2	0,5036			
	SP3	0,6815			
A	A1	0,0236	0,0568	0,038	0,9891
	A2	0,1094			
	A3	0,0375			
SP	S1	0,0796	0,0736	0,004	0,9989
	S2	0,0702			
	S3	0,0711			
H	H1	0,0799	0,0677	0,009	0,9985
	H2	0,0602			
	H3	0,063			

Tabela I. 13 - Secagem através da superfície de acabamento em argamassa de cimento

Provete	Índice de secagem individual	Índice de secagem médio	DP	Velocidade Inicial de Secagem (kg/m ² .h)
SP1	0,161	0,16	0,003	0,0917
SP2	0,153			
SP3	0,156			
A1	0,420	0,43	0,01	0,0446
A2	0,433			
A3	0,437			
S1	0,280	0,29	0,01	0,963
S2	0,287			
S3	0,303			
H1	0,422	0,39	0,03	0,0691
H2	0,365			
H3	0,370			

Tabela I. 14 - Secagem através da superfície de acabamento em argamassa de cal hidráulica

Provete	Índice de secagem individual	Índice de secagem médio	DP	Velocidade Inicial de Secagem (kg/m ² .h)
SP1	0,117	0,11	0,00	0,1115
SP2	0,112			
SP3	0,106			
A1	0,270	0,26	0,02	0,0742
A2	0,264			
A3	0,235			
S1	0,122	0,12	0,00	0,1165
S2	0,125			
S3	0,119			
H1	0,213	0,21	0,01	0,1102
H2	0,229			
H3	0,203			

Tabela I. 15 - Secagem através da superfície de acabamento em argamassa de cal aérea

Provete	Índice de secagem individual	Índice de secagem médio	DP	Velocidade Inicial de Secagem (kg/m ² .h)
SP1	0,253	0,22	0,03	0,0233
SP2	0,184			
SP3	0,236			
A1	0,255	0,38	0,12	0,0121
A2	0,549			
A3	0,341			
S1	0,240	0,25	0,01	0,030
S2	0,249			
S3	0,257			
H1	0,422	0,43	0,08	0,011
H2	0,329			
H3	0,535			

Tabela I. 17 - Absorção de água sob baixa pressão em argamassa de cal hidráulica

Provete	Tubo de Karsten	Coefficiente de absorção individual [ml/(cm².min _{0,5})]	Coefficiente de absorção médio [ml/(cm².min _{0,5})]	Desvio Padrão
SP1	1	0,155	0,139	0,029
	2	0,163		
	3	0,099		
SP2	1	0,120	0,129	0,011
	2	0,122		
	3	0,143		
SP3	1	0,143	0,166	0,024
	2	0,200		
	3	0,155		
A1	1	0,004	0,002	0,002
	2	0,001		
	3	0,000		
A2	1	0,001	0,003	0,003
	2	0,001		
	3	0,007		
A3	1	0,001	0,003	0,002
	2	0,005		
	3	0,003		
S1	1	0,016	0,016	0,005
	2	0,010		
	3	0,022		
S2	1	0,036	0,043	0,007
	2	0,041		
	3	0,052		
S3	1	0,022	0,019	0,002
	2	0,018		
	3	0,016		
H1	1	0,014	0,008	0,004
	2	0,004		
	3	0,005		
H2	1	0,008	0,005	0,002
	2	0,004		
	3	0,003		
H3	1	0,011	0,018	0,012
	2	0,036		
	3	0,008		

Tabela I. 16 - Absorção de água sob baixa pressão em argamassa de cal aérea

Provete	Tubo de Karsten	Coefficiente de absorção individual [ml/(cm².min _{0,5})]	Coefficiente de absorção médio [ml/(cm².min _{0,5})]	Desvio Padrão
SP1	1	0,122	0,111	0,032
	2	0,143		
	3	0,068		
SP2	1	0,190	0,167	0,022
	2	0,173		
	3	0,138		
SP3	1	0,150	0,141	0,021
	2	0,160		
	3	0,111		
A1	1	0,008	0,007	0,001
	2	0,007		
	3	0,005		
A2	1	0,003	0,004	0,001
	2	0,003		
	3	0,005		
A3	1	0,005	0,005	0,001
	2	0,004		
	3	0,004		
S1	1	0,008	0,012	0,008
	2	0,005		
	3	0,023		
S2	1	0,005	0,008	0,002
	2	0,010		
	3	0,008		
S3	1	0,005	0,006	0,001
	2	0,008		
	3	0,005		
H1	1	0,004	0,004	0,001
	2	0,005		
	3	0,003		
H2	1	0,004	0,005	0,001
	2	0,004		
	3	0,007		
H3	1	0,003	0,005	0,002
	2	0,004		
	3	0,007		

Tabela I. 18 - Absorção de água sob baixa pressão em argamassa de cimento

Provet	Tubo de Karsten	Coefficiente de absorção individual [ml/(cm².min _{0,5})]	Coefficiente de absorção médio [ml/(cm².min _{0,5})]	Desvio Padrão
SP1	1	0,077	0,079	0,006
	2	0,088		
	3	0,074		
SP2	1	0,081	0,082	0,009
	2	0,093		
	3	0,071		
SP3	1	0,071	0,066	0,006
	2	0,070		
	3	0,058		
A1	1	0,003	0,004	0,003
	2	0,008		
	3	0,001		
A2	1	0,003	0,002	0,001
	2	0,000		
	3	0,003		
A3	1	0,001	0,002	0,001
	2	0,003		
	3	0,001		
S1	1	0,014	0,011	0,002
	2	0,011		
	3	0,008		
S2	1	0,011	0,011	0,001
	2	0,012		
	3	0,011		
S3	1	0,008	0,010	0,002
	2	0,014		
	3	0,010		
H1	1	0,012	0,011	0,001
	2	0,012		
	3	0,010		
H2	1	0,008	0,012	0,003
	2	0,014		
	3	0,014		
H3	1	0,008	0,011	0,002
	2	0,014		
	3	0,011		

Tabela I. 19 - Permeabilidade ao vapor de água

Argamassa	Tinta	Permeabilidade ao vapor de água, δ (kg/m.s.Pa)	Camada de ar de difusão equivalente, Sd (m)	Taxa do fluxo do vapor de água, G (g/h)
Cal Hidráulica	SP	1,19E-11	0,33	0,043
	A	1,02E-11	0,38	0,037
	S	1,17E-11	0,33	0,042
	H	1,23E-11	0,32	0,045
Cal Aérea	SP	5,63E-12	0,69	0,020
	A	4,10E-12	0,95	0,015
	S	4,33E-12	0,90	0,016
	H	5,81E-12	0,67	0,021
Cimento	SP	5,00E-12	0,78	0,018
	A	4,18E-12	0,93	0,015
	S	4,33E-12	0,90	0,016
	H	5,35E-12	0,73	0,019

BARBOT ART FACHADAS HISTÓRICAS PRIMÁRIO

Ref.:1080

(escrita segundo o novo acordo ortográfico)

IDENTIFICAÇÃO TÉCNICA	Primário baseado em emulsões de silicato
CAMPO DE UTILIZAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Rebocos novos ou antigos feitos com cal branca e areia; areia, cimento e cal branca; cimento. Superfícies de betão (depois de se retirar os resíduos deixados pelos agentes que facilitam a separação do encofrado). • Paredes de tijolo • Paredes de tijolo de areia e cal • Paredes de tijolo de areia e cal • Placas de fibra de cimento • Superfícies metálicas, especialmente de ferro galvanizado e alumínio.
PROPRIEDADES	<ul style="list-style-type: none"> • Boa retenção de cor no substrato. • Endurecimento perfeito. • Manutenção da permeabilidade do substrato no que diz respeito ao vapor de água
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
- Cor	Incolor.
- Teor de sólidos em volume	7 ± 2%
- Rendimento prático	8 a 12 m ² / L / demão
- Tempos de secagem Repintura	6 a 12 horas no mínimo.
- Ponto de Inflamação	Não inflamável.
- Compostos Orgânicos Voláteis (COV)	Valor limite da UE para este produto (Cat.A/g): 30g/l (2010). Este produto contém no máximo 27 g/l COV.*

CARACTERÍSTICAS DE APLICAÇÃO

- Preparação da superfície	As superfícies devem estar bem secas, isentas de poeiras e gorduras e partículas não aderentes. Fendas e outras irregularidades devem ser previamente reparadas.
- Condições ambientais	Temperatura ambiente – Superior a 5 °C Humidade relativa – Inferior a 80% Humidade do suporte – Inferior a 5% Temperatura do suporte – 2 a 3 °C acima do ponto de orvalho.

INSTRUÇÕES DE APLICAÇÃO

- Preparação do produto	Agitar até homogeneização completa.
- Processo de aplicação	Trincha ou rolo.
- Diluentes e proporção de diluição	Para aplicação de BARBOTart FACHADAS HISTÓRICAS TINTA MINERAL na cor branca dilui-se 1:1 com água. Para BARBOTart FACHADAS HISTÓRICAS TINTA MINERAL de cor dilui-se com água e com a própria tinta nas proporções de 1:1:1
- Acabamentos recomendados	BARBOTart FACHADAS HISTÓRICAS TINTA MINERAL.
- Diluente de limpeza	Água
- Capacidades disponíveis	5 e 15L

ESTABILIDADE EM ARMAZÉM

Temperatura Mínima – 5 °C
Temperatura Máxima – 35 °C

RISCOS E SEGURANÇA

Consultar a ficha de segurança em www.barbot.pt

agosto 2013

(substitui a de dezembro de 2008)

As características deste produto poderão ser alteradas sem aviso prévio como consequência da política de contínua investigação e desenvolvimento da Barbot – Indústria de Tintas, S.A. Esta informação baseia-se no nosso atual conhecimento do produto, contudo, devido ao facto das suas condições de utilização se encontrarem fora do nosso controlo, não são dadas quaisquer garantias de resultados.

BARBOT ART FACHADAS HISTÓRICAS TINTA MINERAL

Ref.:1280

(escrita segundo o novo acordo ortográfico)

IDENTIFICAÇÃO TÉCNICA

Tinta baseada em emulsões de silicato, cargas e pigmentos especialmente estudados para este tipo de tinta.

CAMPO DE UTILIZAÇÃO

- Rebocos novos ou antigos feitos com cal branca e areia; areia, cimento e cal branca; cimento. Superfícies de betão (depois de se retirar os resíduos deixados pelos agentes que facilitam a separação do encofrado).
- Paredes de tijolo
- Paredes de tijolo de areia e cal
- Paredes de tijolo de areia e cal
- Placas de fibra de cimento
- Superfícies metálicas, especialmente de ferro galvanizado e alumínio.

PROPRIEDADES

- Boa retenção de cor no substrato.
- Endurecimento perfeito.
- Boa estabilidade aos agentes atmosféricos.
- Manutenção da permeabilidade do substrato no que diz respeito ao vapor de água.
- Imita o caiado antigo.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

(Referentes ao branco).

- Cor	Branco e catálogo próprio.
- Aspeto da película seca	Mate.
- Teor de sólidos em volume	32 ± 2%
- Rendimento prático	6 a 10 m ² / L / demão (depende do suporte e condições de aplicação).
- Tempos de secagem	
Tato	2 a 4 horas.
Repintura	6 a 12 horas.
- Ponto de Inflamação	Não inflamável.
- Compostos Orgânicos Voláteis (COV)	Valor limite da UE para este produto (Cat.A/c): 40 g/l (2010). Este produto contém no máximo 20 g/l COV.*



BARBOT

BARBOT - Indústria de Tintas, S.A.
Rua dos Bombeiros, 480
4410-205, Carapós, Vila Nova do Guay
Tel: (+351) 240 2000 | Fax: (+351) 240 2110
www.barbot.pt

Nota: * O valor indicado de COV refere-se ao produto pronto a aplicar, incluindo a tintagem, diluição, etc., com produtos da nossa empresa e por nós recomendados. Não nos responsabilizamos pelos produtos que sejam obtidos por misturas de produtos por nós não recomendados.

Página 1 de 2

CARACTERÍSTICAS DE APLICAÇÃO

- Preparação da superfície	As superfícies a pintar devem estar bem secas e isentas de poeiras e gorduras. Proteger as superfícies suscetíveis de serem atacadas pelos álcalis (vidros, lacados, alumínio anodizado, etc.).
• Pintura Raiz	Após a escovagem e limpeza da superfície, aplicar uma demão da seguinte mistura: - No caso da cor branca, aplicar BARBOTart FACHADAS HISTÓRICAS PRIMÁRIO diluído 1:1 com água. No caso de cor diluir BARBOTart FACHADAS HISTÓRICAS PRIMÁRIO 1:1:1 com água e com a própria tinta. De seguida aplicar duas demãos de BARBOTart FACHADAS HISTÓRICAS TINTA MINERAL diluída até 5% com água.
• Repintura	Remover poeiras e tinta não aderente e de seguida tratar como pintura de raiz.
- Condições ambientais	Temperatura ambiente – Superior a 5 °C Humidade relativa – Inferior a 80% Humidade do suporte – Inferior a 5% Temperatura do suporte – 2 a 3 °C acima do ponto de orvalho.

INSTRUÇÕES DE APLICAÇÃO

- Preparação do produto	Agitar até homogeneização completa.
- Processo de aplicação	Trincha ou rolo. Lavar o material com água imediatamente após a aplicação.
- Diluentes e proporção de diluição	Até 5% de diluição, com água.
- Número de demãos	Aplicar no mínimo duas demãos.
- Intervalo entre demãos	6 horas no mínimo.
- Diluente de limpeza	Água
- Capacidades disponíveis	5 e 15L

ESTABILIDADE EM ARMAZÉM

Temperatura Mínima – 5 °C
Temperatura Máxima – 35 °C

RISCOS E SEGURANÇA

Consultar a ficha de segurança em www.barbot.pt

agosto 2013

(substitui a de junho de 2012)

As características deste produto poderão ser alteradas sem aviso prévio como consequência da política de contínua investigação e desenvolvimento da Barbot – Indústria de Tintas, S.A. Esta informação baseia-se no nosso atual conhecimento do produto, contudo, devido ao facto das suas condições de utilização se encontrarem fora do nosso controlo, não são dadas quaisquer garantias de resultados.

BARBOCRIL PLUS D

TINTA PLÁSTICA MATE PARA FACHADAS DE ALTA DURABILIDADE

Ref.: 1300

IDENTIFICAÇÃO TÉCNICA

Tinta baseada em copolímeros 100% acrílicos, pigmentos e cargas resistentes à luz e à intempérie.

CAMPO DE UTILIZAÇÃO

Destina-se à pintura de rebocos exteriores novos ou previamente pintados.

PROPRIEDADES

- Tinta aquosa 100% acrílica.
- Alta durabilidade.
- Muito boa resistência à intempérie.
- Boa resistência à alcalinidade.
- Grande facilidade de aplicação.
- Bom poder de cobertura.
- Boa retenção de cor.
- Ótima resistência à lavagem.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

(Referentes ao Branco)

- Cor	Conforme catálogo.
- Aspecto da película seca	Mate.
- Teor de sólidos em volume	40 ± 2%
- Rendimento prático	10 a 14 m ² / L / demão (depende do suporte e condições de aplicação).
- Tempo de secagem	1 hora.
- Compostos Orgânicos Voláteis (COV)	Valor limite da UE para este produto (Cat.A/c): 40g/l (2010). Este produto contém no máximo 30 g/l COV.*

CARACTERÍSTICAS DE APLICAÇÃO

- Preparação da superfície	As superfícies a pintar devem estar bem secas e isentas de poeiras e gorduras.
• Pinturas de raiz	Após escovagem e limpeza da superfície aplicar BARBOCRIL PLUS D. Em superfícies com intensa absorção ou alcalinidade excessiva recomenda-se a aplicação de ISOLANTE ISOCRIL diluído a 50% com Diluente 1425 ou PRIMÁRIO BARBOLITE diluído até 5% com Diluente 1425.
• Repinturas	Remover poeiras e tinta não aderente e de seguida tratar como pintura de raiz. Caso a superfície apresente contaminação com fungos e/ou algas, desinfetar a superfície com SOLUÇÃO DE LIMPEZA BIOCHOQUE e de seguida tratar como pintura de raiz.
- Condições ambientais	Temperatura ambiente – Superior a 5 °C Humidade relativa – Inferior a 80% Humidade do suporte – Inferior a 5% Temperatura do suporte – 2 a 3 °C acima do ponto de orvalho.

INSTRUÇÕES DE APLICAÇÃO

- Preparação do produto	Agitar até homogeneização completa.
- Processo de aplicação	Trincha ou rolo.
- Diluentes e proporção de diluição	Diluir com água até 10% na 1ª demão e até 5% na 2ª.
- Intervalo entre demãos	4 horas no mínimo.
- Diluente Limpeza	Água.

ESTABILIDADE EM ARMAZÉM

Temperatura Mínima – 5°C Temperatura Máxima – 35°C

RISCOS E SEGURANÇA

Consultar a ficha de segurança em www.barbot.pt
--

Janeiro 2013

(substitui a de Maio de 2012)

As características deste produto poderão ser alteradas sem aviso prévio como consequência da política de contínua investigação e desenvolvimento da Barbot – Indústria de Tintas, S.A. Esta informação baseia-se no nosso actual conhecimento do produto, contudo, devido ao facto das suas condições de utilização se encontrarem fora do nosso controlo, não são dadas quaisquer garantias de resultados.

BARBOLITE HYDRO

TINTA MATE PARA EXTERIOR

Ref.: 1271

IDENTIFICAÇÃO TÉCNICA

Tinta aquosa baseada numa nova geração de resinas de Hydro-Pliolite^(a) utilizando a tecnologia E.B.S. (Emulsified Binding System).

CAMPO DE UTILIZAÇÃO

Destina-se, à pintura de exteriores sobre argamassas de cimento, estuque, betão e outros substratos comuns na construção civil.

PROPRIEDADES

- Aspecto ultra mate.
- Excelente adesão e opacidade.
- Elevada resistência à alcalinidade.
- Película protegida contra o desenvolvimento de fungos.
- Permeável ao vapor de água e impermeável à água líquida.
- Baixo odor.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

(Referentes ao Branco)

- Cor

Conforme catálogo

- Aspecto da película seca

Mate.

- Teor de sólidos em volume

44 ± 2%

- Rendimento prático

Em superfícies lisas: 10 a 12 m² / L / demão.
Em superfícies rugosas: 6 a 10 m² / L / demão.

- Tempo de secagem

1 hora

- Compostos Orgânicos Voláteis (COV)

Valor limite da UE para este produto (Cat.A/c): 40g/l (2010).
Este produto contém no máximo 35 g/l COV.*

(a)Hydro-Pliolite é uma marca registada da Eliokem



BARBOT

BARBOT - Indústria de Tintas, S.A.
Rua dos Bombeiros, 490
4410-030, Ourense, Vila Nova do Ourense
tel: +351 252 440 000 | fax: +351 252 440 010
www.barbot.pt

Nota: * O valor indicado de COV refere-se ao produto pronto a aplicar, incluindo a tintagem, diluição, etc., com produtos da nossa empresa e por nós recomendados. Não nos responsabilizamos pelos produtos que sejam obtidos por misturas de produtos por nós não recomendados.

CARACTERÍSTICAS DE APLICAÇÃO

- Preparação da superfície	As superfícies a pintar devem estar bem secas e isentas de poeiras e gorduras.
• Pinturas de raiz	Após escovagem e limpeza da superfície aplicar BARBOLITE HYDRO. Em superfícies com intensa absorção ou alcalinidade excessiva recomenda-se a aplicação prévia do ISOLANTE ISOCRIL diluído a 50% com DILUENTE 1425 ou o PRIMÁRIO BARBOLITE diluído até 5% com DILUENTE 1425 ou PRIMÁRIO BARBOLITE HYDRO.
• Repintura	Remover poeiras e tinta não aderente e de seguida tratar como pintura de raiz. Caso a superfície apresente contaminação com fungos e/ou algas, desinfetar a superfície com SOLUÇÃO DE LIMPEZA BIOCHOQUE e de seguida tratar como pintura de raiz.
- Condições ambientais	Temperatura ambiente – Superior a 5 °C Humidade relativa – Inferior a 80% Humidade do suporte – Inferior a 5% Temperatura do suporte – 2 a 3 °C acima do ponto de orvalho.

INSTRUÇÕES DE APLICAÇÃO

- Preparação do produto	Agitar até homogeneização completa.
- Processo de aplicação	Trincha, ou rolo.
- Diluentes e proporção de diluição	Diluir com água até 10% na 1ª demão e até 5% na 2ª e 3ª demão.
- Intervalo entre demãos	4 a 6 horas no mínimo.
- Diluente Limpeza	Água.

ESTABILIDADE EM ARMAZÉM

	Temperatura Mínima – 5°C Temperatura Máxima – 35°C
--	---

RISCOS E SEGURANÇA

	Consultar a ficha de segurança em www.barbot.pt
--	--

Maio 2013

(substituída de Outubro de 2009)

As características deste produto poderão ser alteradas sem aviso prévio como consequência da política de contínua investigação e desenvolvimento da Barbot – Indústria de Tintas, S.A. Esta informação baseia-se no nosso actual conhecimento do produto, contudo, devido ao facto das suas condições de utilização se encontrarem fora do nosso controlo, não são dadas quaisquer garantias de resultados.

Página 2 de 2